

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
URBANO DEL DISTRITO DE PÁTAPO, PROVINCIA DE CHICLAYO,
REGIÓN LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

DIEGO ARMANDO SANCHEZ FERNANDEZ

ASESOR

WILMER MOISES ZELADA ZAMORA

<https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>

Chiclayo 2021

**ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
URBANO DEL DISTRITO DE PÁTAPO, PROVINCIA DE
CHICLAYO, REGIÓN LAMBAYEQUE**

**PRESENTADA POR
DIEGO ARMANDO SANCHEZ FERNANDEZ**

**A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

**Aníbal Teodoro Díaz Orrego
PRESIDENTE**

**Carlos Rafael Tafur Jiménez
SECRETARIO**

**Wilmer Moises Zelada Zamora
VOCAL**

DEDICATORIA

A mis queridos padres Esperanza y Oscar, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus sabios consejos, por el esfuerzo, confianza, por su constante apoyo incondicional que me brindan y aliento de superación por contribuir a mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos Danna y Kevin por estar presentes siempre en cada momento de mi vida.

A mis queridos abuelos Bertila y Francisco, que fueron las personas después de mis padres que más se preocuparon por mí y me brindaron su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, por brindarme la fortaleza que necesito día a día para poder seguir adelante.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC), por brindarme la gran oportunidad de seguir una carrera universitaria y formarme como profesional.

Al Ing. Wilmer Moisés Zelada Zamora por su apoyo y orientación durante las asesorías brindadas para el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes del Problema.....	19
2.2. Bases Teóricas Científicas	22
2.2.1. Normas y Leyes.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	24
3.2. Diseño de Investigación.....	24
3.3. Técnicas, Instrumentos y Recolección de Datos	25
3.3.1. Técnicas.....	25
3.3.2. Instrumentos	25
3.4. Procedimientos	27
3.4.1. Estudio de Tráfico	27
3.4.2. Estudio Topográfico.....	27
3.4.3. Estudio de Mecánica de Suelos	28
3.4.4. Estudio Hidrológico	29
3.4.5. Evaluación de Impacto Ambiental	29
3.5. Plan de Procesamientos y Análisis de Datos	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Descripción General del Área de Estudio.....	32
4.1.1. Ubicación	32
4.1.2. Clima	33
4.1.3. Infraestructura Existente.....	33
4.1.4. Vías de Acceso	34
4.2. Estudio de Tráfico	34
4.2.1. Índice Medio Diario (IMD) e Índice Medio Semanal (IMDs).....	35
4.2.2. Factores de Corrección.....	35
4.2.3. Índice Medio Anual (IMDA)	35
4.2.4. Proyección de Tránsito y Período de Diseño	37
4.2.5. Tasa de Crecimiento.....	38

4.2.6.	Cálculo de ESAL de Diseño.....	40
4.3.	Estudio Topográfico	42
4.3.1.	Descripción del Trabajo	42
4.4.	Estudio de Suelos.....	46
4.4.1.	Ensayos de Laboratorio	47
4.4.2.	Descripción de la Estratigrafía de la zona	48
4.4.3.	Corte Directo	50
4.4.4.	Capacidad de Soporte del Terreno de Fundación.....	50
4.4.5.	Capacidad de Infiltración del Suelo	51
4.4.6.	Conclusiones	59
4.5.	Estudio Hidrológico.....	59
4.5.1.	Información Hidrológica	59
4.5.2.	Análisis de Consistencia.....	61
4.5.3.	Periodo de Retorno.....	79
4.5.4.	Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos	79
4.5.5.	Pruebas de Bondad de Ajuste	80
4.5.6.	Distribuciones.....	81
4.5.7.	Precipitación Máxima: Distribución de Gumbel.....	99
4.5.8.	Intensidad de lluvia	104
4.5.9.	Cálculo de la Ecuación de la Intensidad Máxima	105
4.5.10.	Intensidades Máximas-Tiempo de Duración-Período de Retorno	106
4.5.11.	Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)	107
4.5.12.	Tiempo de Concentración.....	108
4.5.13.	Cálculo de Caudales de Esguerrimiento-Método Racional	109
4.5.14.	Conclusiones.....	116
4.6.	Diseño Estructural de Pavimentos	117
4.6.1.	Pavimento Flexible.....	117
4.6.2.	Pavimento Semirrígido con Adoquines de Concreto	130
4.6.	Diseño de Drenaje Pluvial	135
4.6.1.	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca	135
4.6.2.	Estimación de la Capacidad de Volumen a Evacuar	137
4.6.3.	Criterios de Diseño.....	138
4.6.4.	Capacidad Máxima de Caudal en Secciones de Vías.....	139
4.6.5.	Simulación Hidráulica del Área de Estudio	144
4.6.1.	Diseño de Sumideros.....	149

4.6.1.	Diseño del Sistema de Tuberías	158
4.6.2.	Evaluación de un Sistema de Reutilización para las aguas de lluvia	165
4.7.	Modelamiento del Dren	169
4.8.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	175
4.8.1.	Objetivo General del Proyecto	175
4.8.2.	Marco Legal	175
4.8.3.	Descripción y Análisis del Proyecto	177
4.8.4.	Análisis de Influencia del Proyecto.....	179
4.8.5.	Línea Base Ambiental	181
4.8.6.	Identificación y Evaluación de Pasivos Ambientales.....	190
4.8.7.	Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales	190
4.8.8.	Plan de Participación Ciudadana.....	198
4.8.9.	Plan de Manejo Ambiental (PMA).....	198
4.8.10.	Plan de Contingencias	202
4.8.11.	Programa de Cierre de Obra	203
4.8.12.	Conclusiones.....	204
4.8.13.	Recomendaciones	204
4.9.	Discusión	204
4.9.1.	Interpretación.....	212
4.9.2.	Limitaciones del Estudio	213
V.	CONCLUSIONES	214
VI.	RECOMENDACIONES	215
VII.	LISTA DE REFERENCIAS	216
VIII.	ANEXOS.....	219

LISTA DE FIGURAS

Figura N° IV.1: Ubicación del Proyecto	32
Figura N° IV.2: Zona de Estudio	33
Figura N° IV.3: Punto de Medición de Estudio de Tráfico.....	34
Figura N° IV.4: Prueba de Infiltración Calle La Florida.....	52
Figura N° IV.5: Prueba de Infiltración Calle La Primavera.....	52
Figura N° IV.6: Prueba de Infiltración Calle La Primavera.....	53
Figura N° IV.7: Velocidad de Infiltración Calle La Florida	58
Figura N° IV.8: Velocidad de Infiltración Calle La Primavera	58
Figura N° IV.9: Análisis de Doble Masa de la Estación Pucalá	69
Figura N° IV.10: Análisis de Doble Masa de la Estación Pucalá	78
Figura N° IV.11: Ecuación de Intensidad Máxima	106
Figura N° IV.12: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)	108
Figura N° IV.13: Estructura Típica de un Pavimento Asfáltico (Flexible).....	117
Figura N° IV.14: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico.	122
Figura N° IV.15: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa Base.....	123
Figura N° IV.16: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa Subbase	124
Figura N° IV.17: ESALs de Diseño para un Periodo de 20 años.....	131
Figura N° IV.18: Módulo Resiliente de la Subrasante.....	132
Figura N° IV.19: Espesor Total de la Base	133
Figura N° IV.20: Espesores Finales de las Capas del Pavimento	135
Figura N° IV.21: Zona Inundable-Avenida San Martin.....	145
Figura N° IV.22: Zona Inundable-Av. Real y Av. Anexo Real	146
Figura N° IV.23: Zona Inundable-Calle La Primavera y Calle La Florida	147
Figura N° IV.24: Zona Inundable-Av. Trapiche	148
Figura N° IV.25: Inundación en Avenida San Martin	150
Figura N° IV.26: Área Aportante a la Av. San Martín	150
Figura N° IV.27: Inundaciones en Av. Real y Anexo Av. Real	152
Figura N° IV.28: Área Aportante a la Av. Real y Anexo Av. Real	152
Figura N° IV.29: Inundaciones en Calle la Florida.....	154
Figura N° IV.30: Área Aportante a la Calle la Florida	154
Figura N° IV.32: Área Aportante a la Avenida Trapiche.....	157
Figura N° IV.33: Velocidad máxima y mínima	159

Figura N° IV.34: Pendiente máxima y mínima.....	160
Figura N° IV.35: Cobertura máxima y mínima.....	160
Figura N° IV.36: Redes de Tuberías del Sistema de Drenaje	161
Figura N° IV.37: Celda Aquacell-Pavco	166
Figura N° IV.38: Parques del Distrito de Pátapo	167
Figura N° IV.39: Delimitación del Dren.....	170
Figura N° IV.40: Asignación de rugosidad a la superficie del Dren.....	172
Figura N° IV.41: Asignación de la Malla a la superficie del Dren	173
Figura N° IV.42: Altura de Calado en la superficie del Dren	174
Figura N° IV.43: Zona de Estudio	178
Figura N° IV.44: Ruta de Accesibilidad	179
Figura N° IV.45: Zonas Aledañas a la Zona del Proyecto	180
Figura N° IV.46: Complejo Arqueológico QAPAC ÑAM (Señoría del Cinto)	189
Figura N° IV.47: Complejo Arqueológico Huaca Brava	189
Figura N° IV.48: Lugar de Traslado de los Residuos de Construcción	200
(Botadero Pátapo).....	200

LISTA DE TABLAS

Tabla N° IV.1: Índice Medio Diario Anual (IMDa)	36
Tabla N° IV.2: Periodo de Diseño	37
Tabla N° IV.3: Tasas de crecimiento de vehículos	38
Tabla N° IV.4: IMD Proyectado	39
Tabla N° IV.7: Parámetros para ESAL	41
Tabla N° IV.8: Ejes equivalente de vehículos.....	41
Tabla N° IV.9: Cálculo de ESAL de Diseño.....	42
Tabla N° IV.10: BM's del proyecto	43
Tabla N° IV.11: Estaciones en la zona del proyecto.....	43
Tabla N° IV.12: Datos de las Calicatas.....	47
Tabla N° IV.13: Resumen de Estudio de Mecánica de suelos	49
Tabla N° IV.14: Resultados de Ensayo de Corte Directo	50
Tabla N° IV.15: Resultados de Ensayos de Proctor y CBR.....	50
Tabla N° IV.16: Datos de Campo Calle La Florida	53
Tabla N° IV.17: Datos de Campo Calle La Primavera	54
Tabla N° IV.18: Lamina de Infiltración Acumulada Calle La Florida	55
Tabla N° IV.19: Lamina de Infiltración Acumulada Calle La Primavera	55
Tabla N° IV.20: Infiltración Instantánea Calle La Florida.....	57
Tabla N° IV.21: Infiltración Instantánea Calle La Primavera.....	57
Tabla N° IV.22: Precipitación Máxima Anual en 24h (mm)	60
Tabla N° IV.23: Precipitación Máxima Anual en 24h (mm)	63
Tabla N° IV.24: Precipitación Máxima Anual Acumulada en 24h (mm).....	66
Tabla N° IV.25: Pendientes del Análisis de Doble Masa Estación Pucalá	70
Tabla N° IV.26: Precipitación Máxima Anual Corregida de la Estación Pucalá en 24h (mm).....	72
Tabla N° IV.27: Precipitación Máxima Anual Acumulada Corregida de la Estación Pucalá en 24h (mm).....	75
Tabla N° IV.28: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov	81
Tabla N° IV.29: Distribución Normal.....	82
Tabla N° IV.30: Distribución Log Normal de 2 Parámetros.....	84
Tabla N° IV.31: Distribución Log Normal de 3 Parámetros.....	86
Tabla N° IV.32: Distribución Gamma de 2 Parámetros.....	88
Tabla N° IV.33: Distribución Gamma de 3 Parámetros.....	90
Tabla N° IV.34: Distribución Log de Pearson Tipo III.....	92

Tabla N° IV.35: Distribución de Gumbel	94
Tabla N° IV.36: Distribución Log de Gumbel	96
Tabla N° IV.37: Resumen de Deltas teóricos máximos y Delta Tabular.....	98
Tabla N° IV.38: Precipitación Máxima (Distribución de Gumbel)	99
Tabla N° IV.39: Coeficientes de Corrección para Precipitaciones	102
Tabla N° IV.40: Precipitaciones máximas probables para distintos periodos de retorno	102
Tabla N° IV.41: Coeficientes de Duración de lluvia entre 1 y 24 horas	103
Tabla N° IV.42: Precipitaciones Máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias ..	103
Tabla N° IV.43: Intensidades Máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	104
Tabla N° IV.44: Regresión Potencial	105
Tabla N° IV.45: Intensidades-Tiempo de Duración-Periodo de Retorno	106
Tabla N° IV.46: Tiempo de Concentración	109
Tabla N° IV.47: Coeficientes de Escorrentía	110
Tabla N° IV.48: Caudales Circundantes en Vías	112
Tabla N° IV.49: Requisitos Mínimos para diferentes tipos de Vías	118
Tabla N° IV.50: Número de repeticiones acumulados de ejes equivalentes de 8.2t en el carril de diseño	119 119
119	
Tabla N° IV.51: Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola..... etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.....	120 120
Tabla N° IV.52: Calidad de Drenaje	125
Tabla N° IV.53: Valores recomendados del coeficiente de Drenaje para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles	125
Tabla N° IV.54: Capacidad Máxima de Caudal en Secciones de Vías.....	143
Tabla N° IV.55: Velocidad máxima para colector de agua pluvial (tuberías)	159
Figura N° IV.33: Velocidad máxima y mínima	159
Figura N° IV.34: Pendiente máxima y mínima.....	160
Figura N° IV.35: Cobertura máxima y mínima.....	160
Figura N° IV.36: Redes de Tuberías del Sistema de Drenaje	161
Tabla N° IV.56: Resultado Finales del Sistema de Drenaje	162
Tabla N° IV.57: Verificación de Velocidades Calculadas	163
Tabla N° IV.58: Áreas Aprovechables para la instalación de las Celdas Aquacell	167
Tabla N° IV.59: Evaluación de Costos: Celdas Aquacell vs Concreto Armado.....	168
Tabla N° IV.60: Zonas Aledañas al Lugar del Proyecto.....	179
Tabla N° IV.61: Centro Poblados cercanos al lugar del Proyecto	180

Tabla N° IV.62: Principal Variedad de Flora del Distrito de Pátapo	183
Tabla N° IV.64: Variedad de Fauna en el Distrito de Pátapo	184
Tabla N° IV.66: Indicador de Analfabetismo-Distrito de Pátapo	186
Tabla N° IV.67: Establecimientos de Salud en el Distrito de Pátapo	187
Tabla N° IV.69: Matriz Leopold	191
Tabla N° IV.70: Color de Cilindro a Usar para Residuos Sólidos	199
Tabla N° IV.71: Discusión Antecedente N°01	205
Tabla N° IV.73: Discusión Antecedente N°03	207
Tabla N° IV.74: Discusión Antecedente N°04	208
Tabla N° IV.75: Discusión Antecedente N°05	209
Tabla N° IV.76: Discusión Antecedente N°06	210
Tabla N° IV.77: Discusión Antecedente N°07	211

RESUMEN

El presente proyecto plantea el diseño de un sistema de drenaje pluvial para el Distrito de Pátapo, como una alternativa de solución para mitigar las inundaciones que se presentan en su infraestructura vial durante el periodo de lluvias, lo que conlleva a originar daños a nivel socioeconómico, así mismo siendo la población la más afectada, debido a que están expuestos a contraer algunas enfermedades que traen consigo las aguas de lluvia, sobre todo por la acumulación del exceso de agua en la infraestructura vial, que al tener como único punto de drenaje la red de alcantarillado sanitario, al colmatarse ocasionan afloramientos de aguas contaminadas en la superficie del pavimento, lo cual produce la aparición de ciertos insectos causantes de ciertas enfermedades. Por ello, como respuesta a la problemática mencionada se realizaron los siguientes objetivos: Se obtuvo el relieve del terreno del área de estudio mediante un levantamiento topográfico, se realizó un estudio de mecánica de suelos para presenciar las características del terreno y se recolectaron los parámetros de precipitación para realizar el estudio hidrológico. Obtenidos los parámetros mencionados se procedió a realizar el diseño del sistema de drenaje, con el fin de satisfacer una correcta evacuación y así mismo lograr mitigar los daños ya mencionados. Finalmente se obtuvo el costo total y la programación de obra del proyecto.

Palabras clave: Sistema de drenaje pluvial, precipitación, inundaciones

ABSTRACT

This project proposes the design of a storm drainage system for the Pátapo District, as an alternative solution to mitigate the floods that occur in its road infrastructure during the rainy season, which leads to damage at a socioeconomic level, likewise being the population the most affected, due they are exposed to contracting some illnesses that bring with them the waters of the rainy, especially due to the accumulation of excess water in the road infrastructure, which by having as the only drainage point the sanitary sewer network, when clogging causes contaminated water on the pavement surface, which produces the appearance of certain insects that cause certain diseases. Therefore, in response to the aforementioned problem, the following objectives were carried out: The terrain relief of the study area was obtained by means of a topographic survey, a study of soil mechanics was carried out to witness the characteristics of the terrain and the precipitation parameters were collected to carry out the hydrological study. Obtained the mentioned parameters the design of the drainage system was carried out in order to satisfy a correct evacuation and also to mitigate the damages already mentioned. Finally the total cost and the project work schedule were obtained.

Keywords: Storm drainage system, precipitation, flooding

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Perú, el desarrollo de las ciudades requiere considerables inversiones en infraestructuras, siendo estas muy beneficiosas para la población, sin embargo la mayor parte de las ciudades carecen de un sistema de drenaje pluvial, el cuál es muy importante no solo porque podría prosperar la calidad de vida de las personas, ya que evitaría las inundaciones y le prevención de ciertas enfermedades, sino porque también toda obra de infraestructura ya sean zonas urbanas, zonas verdes, centros hospitalarios, etc., pueden verse en ciertos momentos condicionados por la existencia y un correcto funcionamiento de un sistema de drenaje pluvial urbano.

“En general un sistema de drenaje pluvial es de mucha importancia para la protección de las vidas humanas, la infraestructura vial y urbana, el entorno natural y conservar la movilidad tanto vehicular como peatonal”. [1]

Entre los meses de enero y febrero en el norte de nuestro país se presentan fuertes precipitaciones pluviales que afectan notablemente las actividades económicas y sociales que se producen en la zona de esta parte del país, debido a que todas las ciudades carecen de un sistema de drenaje pluvial urbano que transporte y evacue de manera adecuada las aguas producto de las lluvias hacia una zona segura de descarga y el Distrito de Pátapo no ha sido la excepción a este problema.

Toda el área urbana de la zona del proyecto a desarrollar en el Distrito de Pátapo no cuenta con el sistema de drenaje pluvial y el 10% de las calles carece de pavimentación. Este problema de carencia de un sistema de drenaje pluvial se puede observar con mayor magnitud en la temporada fuerte de lluvias que comúnmente se dan entre los meses de enero-marzo, que han causado fuertes daños en varios lugares del norte del país. En consecuencia, el crecimiento demográfico no regulado de la población, teniendo hasta la actualidad una tasa de crecimiento de 1.2% y la pérdida de algunas áreas verdes del distrito de Pátapo trae como consecuencia que las aguas pluviales provoquen daños a nivel socioeconómico.

Es muy importante recalcar que las lluvias afectan la comodidad de la población, ya que muchos de ellos se ven perjudicados por la avería de sus viviendas que un

porcentaje son de adobe, quedando algunas en condición de inhabilidad y también por el exceso de agua almacenada en las vías urbanas provoca inseguridad e inconformidad, además de un inaccesible tránsito vehicular y peatonal, sumado a todo esto el deterioro de la infraestructura vial (calles, avenidas, veredas, etc.) y edificaciones (casas, colegios, etc.).

Como consecuencia la aportación de las aguas de lluvias produce el colapso de las redes de alcantarillado sanitario, debido a que estas no están diseñadas para conducir la contribución que presentan el producto de las aguas de las lluvias, llegando a colapsar ocasionando no solo que las calles queden inundadas durante el lapso en que se presentan las lluvias si no también hasta muchas horas incluso hasta días después.

Las aguas de lluvia traen consigo riesgo a la salud pública por las distintas enfermedades que produce (Chikungunya, Zika, Dengue, etc.). Durante el periodo del último fenómeno del niño producido en el Perú (año 2017), en el distrito de Pátapo se registró muchos casos producidos por las enfermedades del Dengue en sus pobladores.

Hasta la actualidad no se ha presentado ningún interés por el desarrollo de un proyecto de drenaje pluvial, ya que la municipalidad del Distrito de Pátapo no tiene los recursos necesarios para realizar la evaluación y la elaboración del proyecto.

En el ámbito económico, el desarrollo del presente proyecto estará en acorde con las características que presenta el área de estudio, el cual atenderá la urgencia y necesidad de las autoridades municipales de contar con una alternativa que se ajuste a la necesidad de la población para manejar y controlar los excedentes de las aguas de las lluvias, el cual al mismo tiempo beneficiará directamente tanto al municipio como a la misma población, debido a que evitará que la municipalidad y los mismos pobladores gasten sus recursos económicos en el alquiler de bombas para poder drenar las aguas acumuladas de las calles y de las mismas viviendas que se producen por el producto de las lluvias.

En el sector social, se busca contribuir a una mejora en la calidad de vida de la población, logrando mejorar la transitabilidad durante un período de lluvias, tanto de

los pobladores como de los mismos vehículos que transitan por las distintas calles y avenidas del distrito de Pátapo, resaltando que la protección de las personas y las viviendas son de mucha importancia.

En el sector salud, el hecho de presentar una alternativa que pueda solucionar de manera eficiente el drenaje de las aguas pluviales, permitirá minimizar las distintas enfermedades que se presentan durante el periodo de las lluvias, principalmente que se producen por la aparición de insectos (mosquitos, zancudos, etc.), debido a que este exceso de aguas puede encontrarse estancadas por un prolongado periodo en las vías urbanas por el mal estado que presentan estas.

En la parte ambiental, se pretende lograr mitigar las aguas empozadas de las calles, ya que estas afectan al medio ambiente, como por ejemplo puede producir efectos negativos al suelo conduciendo las partículas contaminantes hacia este, y también al traer y arrastrar consigo sedimentos son los causantes del colapso de los buzones por lo que se da la presencia de malos olores que afecta al aire que los pobladores respiran día a día y por ende afectando a las plantas y área verdes del distrito de Pátapo. Todas las aguas serán conducidas hacia la parte baja de la calle La Primavera de la carretera Chiclayo-Chongoyape donde serán evacuadas a través de él Dren Huaca Brava, y finalmente lograr desembocar en el río Pucalá, que se encuentra a 2 km de distancia aproximadamente.

El presente proyecto considera de manera notable los siguientes objetivos, para la buena realización del mismo:

El objetivo general es Analizar y Diseñar el Sistema de Drenaje Pluvial Urbano del Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque.

Los objetivos específicos son:

Determinar el caudal de diseño mediante los estudios hidrológicos.

Conocer el relieve de la zona de estudio mediante un levantamiento topográfico.

Determinar las características del suelo de la zona de estudios mediante los respectivos ensayos de mecánica de suelos.

Realizar un estudio de inundabilidad para ubicar las zonas de acumulación excesiva de agua y zonas de posible evacuación.

Evaluar el impacto ambiental del proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Según la Municipalidad del Distrito de Pátapo (2019), anteriormente no se ha registrado ningún tipo de proyecto de drenaje pluvial, que sea una opción de solución para moderar los problemas de inundaciones que se presentan en el distrito de Pátapo durante un periodo de lluvias, la cual genera y trae consigo efectos negativos a la salud de la población, como daños y deterioros de la infraestructura vial y para el medio ambiente.

Se mencionan algunos Proyectos de tesis sobre “Diseño de drenaje pluvial urbano”, tenemos:

Fuentes Mamani, Alberto Richard y Reinoso Infantes, Miguel Ángel. “Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial en las Avenidas Andrés Avelino Cáceres, Dolores, Alcides Carrión, Garcilaso de la Vega y Estados Unidos en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Provincia Arequipa, Departamento Arequipa”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2015).

“Esta tesis plantea el desarrollo de un Sistema de drenaje pluvial para la evacuación de las aguas pluviales hacia cauces naturales de aguas cercanos, a falta de interés de las propias autoridades de Arequipa, por resolver el problema y por ende minimizar los desastres que ocasionan las lluvias (elevados daños económicos). Se propuso una instalación de sumideros en todas las avenidas del área de estudio tomando en cuenta los criterios de riesgo que fueron evaluados con los datos proporcionados por el programa HEC-HMS y el diseño realizado empleando el programa SWMM, detallando en los planos propuesto. El diseño final se concluye con 4 puntos de entrega, desembocando en la torrentera Mariano Melgar, logrando ser el sistema eficiente”. [2]

Gonzales Remond, Álvaro Rodrigo y Velazco Madrid, Alonso Antonio. “Sistema de Drenaje Pluvial para el Distrito de Mariano Melgar, Arequipa”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2014).

“Esta tesis plantea el diseño de un Sistema de drenaje pluvial y alcantarillado para el Distrito de Mariano Melgar, debido a que la ciudad no presenta un plan maestro y así mismo el desinterés por parte de las autoridades con respecto a este aspecto. Además de no existir una diferencia entre los sistemas de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario, el cual trae consigo diversos problemas, teniendo como principal el colapso del sistema de alcantarillado sanitario por las fuertes lluvias, que afectan directamente a la población por la presencia de distintas enfermedades. Se llega a la conclusión, que con el sistema de drenaje la escorrentía sería mucho menor en el Distrito de Mariano Melgar y en otras partes de la ciudad y así mismo las actividades se realizaría sin mayor problema y se reducirían las pérdidas socioeconómicas y las pistas no sufrirían deterioros”. [3]

Rojas Naira, Paolo Cesar y Vladimir Humberto, Humpiri Pari. “Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la ampliación del software SWMM”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2016).

“En esta tesis se realizó una evaluación del expediente técnico el cual no fue aprobado por presentar ciertas irregularidades. Esta evaluación se realizó con la finalidad de interpretar y poder constatar el problema de dichas irregularidades. Se obtuvo un nuevo diseño del sistema el software SWMM, verificando que debe cumplir con las normas establecidas. Como resultado de la evaluación se concluye que los estudios básicos han sido desarrollados de manera deficiente”. [4]

Jiménez Hernández, Manuel. “Diseño del drenaje pluvial y evaluación del impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2018).

“Esta tesis plantea la propuesta del diseño para la urbanización El Chilcal, sector que está expuesto a condiciones a las que cada vez que se presentan precipitaciones moderadas a fuertes, es un área donde se concentran los flujos de

escorrentía, consecuencia de la desfavorable depresión en la que se encuentra ubicada. Llegando a la conclusión que el diseño empleado permitirá que el agua de lluvia que ingrese a la Urb. El Chilcal no produzca inundaciones.” [5]

Solórzano Rodríguez, Gilberh Jampier y Vásquez Fernández, Pablo Francisco. “Evaluación de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera-Trujillo”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2018).

“Esta tesis plantea la realización de una evaluación de la intensidad pluvial para luego diseñar un sistema de drenaje para el Distrito de Víctor Larco Herrera, considerando un caudal de los últimos años y se procesaron los datos en el programa H-canales donde se obtuvo los anchos de la solera, el espejo de agua, el tirante, etc. y llegando a la conclusión que el sistema de drenaje más adecuado será por cunetas y su capacidad es para un caudal de 3 m³/s, siendo el material más adecuado el concreto para la construcción de estas mismas.” [6]

Carrera Miranda, Jorge Omar. “Diseño de la red de drenaje pluvial urbano en Urb. La Pradera -Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque”. (Tesis de Licenciatura, Ingeniería Civil, 2018).

“Esta tesis plantea el diseño y el desarrollo de un expediente técnico de un proyecto de Drenaje Pluvial Urbano, que atenderá la necesidad de recolectar, transportar y evacuar las aguas de lluvias, que permita mitigar daños y colapso del sistema de alcantarillado sanitario de la Urb. La Pradera, que tiene un área de 14.81 ha. Llegando a la conclusión que el terreno es tipo arcilloso de baja plasticidad, presenta una superficie plana y el caudal máximo de escurrimiento superficial no supera los 200 l/s para un periodo de retorno de 25 años y finalmente obteniendo un presupuesto de 9 millones de soles para la realización del proyecto.” [7]

2.2. Bases Teóricas Científicas

2.2.1. Normas y Leyes

Norma técnica de Drenaje Pluvial Urbano OS.060. (Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2017).

“Esta Norma dispone los criterios a tener en cuenta para el diseño en la elaboración de todo proyecto de drenaje pluvial urbano. Están comprendidos dentro de un proyecto de drenaje urbano el sistema de recolección, transporte y la evacuación final hacia un cuerpo receptor, de todas las aguas de lluvia que se precipitan en un área urbana”. [8]

Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones E.050. (Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2017).

“Esta Norma dispone los requisitos mínimos para el desarrollo de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), ya sea para la cimentación de edificaciones como otras obras indicadas en esta Norma. Los EMS se realizarán con la finalidad de garantizar la seguridad de las obras y para promover una aplicación eficaz de los recursos.” [9]

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. (Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

“Este manual sirve como guía para el cálculo de los parámetros hidrológicos e hidráulicos. El profesional responsable de cualquier proyecto drenaje tiene en este manual una herramienta práctica para desarrollar los estudios con mucho criterio y así poder realizar el diseño adecuado para la obra de drenaje” [10]

Manual de Ensayo de Materiales. (Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

“Este es un documento tiene como finalidad dar a conocer los métodos y procedimientos que se deben seguir para la realización de los ensayos de laboratorio y de campo, con el objetivo de poder asegurar que el comportamiento

de los materiales presente los estándares de calidad propuestos, los cuales son los adecuados.” [11]

California Bearing Ratio (CBR) de suelos (MTC E-132). (Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

“Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de índice de resistencia de los suelos (CBR). Se menciona que este ensayo se realiza normalmente sobre un suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante, capas de base, subbase y afirmado”. [11]

Ley N°28611: Ley General del Ambiente. (Perú: Ministerio del Ambiente, 2005).

“Esta ley es muy importante, ya que trata de preservar un ambiente saludable, protegiendo la biodiversidad biológica, resguardando la salud de las personas ya sea en forma singular y colectiva, para poder desarrollar un país sostenible”. [12]

Ley N°28804: Ley que Regula la Declaratoria de Emergencia Ambiental. (Perú: Ministerio del Ambiente, 2008).

“Se fundamenta en declarar un área delimitada en emergencia ambiental ya sea por causas naturales o por algún daño ambiental, problemas de salud pública, etc. Por lo que tratan es reducir el daño que se produce en la localidad afectada, ayudando a las autoridades regionales y entidades del estado”. [13]

Ley N°27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. (Perú: Ministerio del Ambiente, 2001).

“Por lo que se menciona en esta Ley, lo que se trata es de anticipar los impactos ambientales negativos que son producidos por el hombre, por lo que se plantearon categorías de acuerdo al riesgo ambiental que se podría presentar, con la finalidad de poner en riesgo al medio ambiente”. [14]

Decreto Supremo N°014-2021-Vivienda: Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible en el Perú

“El código técnico de construcción sostenible, consiste en una nueva forma de llevar a cabo una construcción, la cual permita, durante el ciclo de vida que tenga

la edificación o ciudad, poder lograr reducir el consumo de los recursos naturales y de la energía. Lo que se busca es aprovechar las energías renovables y promover la calidad ambiental, para que así las futuras generaciones gocen de salud, seguridad y una buena comodidad”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

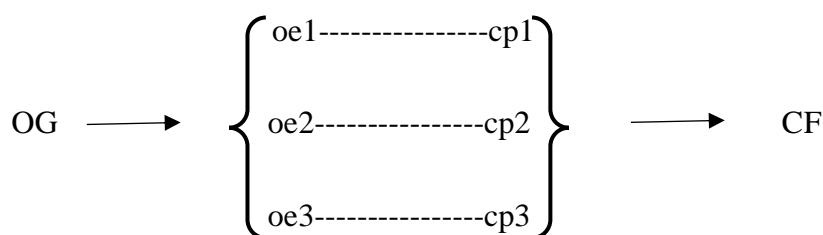
3.1. Tipo y Nivel de Investigación

De acuerdo al diseño de investigación que se está desarrollando, es Descriptiva, porque se encarga de describir y comprender la realidad de la comunidad que se pretende analizar, por medio de una recolección de datos.

Respecto al fin que se pretende, es Aplicada, porque se basa en la aplicación de los conocimientos adquiridos hacia la solución de un problema práctico y los objetivos establecidos.

3.2. Diseño de Investigación

Para el desarrollo de la investigación, se empleará el de una investigación por objetivos de acuerdo al esquema que se muestra a continuación:



DONDE:

- OG: Objetivo General
- oe: Objetivo Específico
- cp: Conclusión Parcial
- CF: Conclusión Final

3.3.Técnicas, Instrumentos y Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas

Estudios Topográficos

Planos Topográficos

Estudio Hidrológico

Registro de datos del SENAMHI

Laboratorio de Mecánica de Suelos

Ensayo de Granulometría: Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.18 (ASTM D 422).

Ensayo de Límites de Atterberg: Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.129 (ASTM D 4318-93).

Ensayo de California Bearing Ratio: Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.145 (ASTM D 1883).

Ensayo de Proctor Modificado: Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.141 (ASTM D 1557).

3.3.2. Instrumentos

Programas de Cómputo

Microsoft Word, Excel y Power Point.

Programas de Ingeniería

AutoCAD 2019

AutoCAD Civil 3D 2019

S10 2005

Ms Project 2016

HIDROESTRA

SEWERGENS

IBER 2D

Equipos Topográficos

Estación Total

Nivel Topográfico

Prisma

Trípode

Mira Topográfica

GPS

Brújula

Cinta Métrica

Equipos de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Horno

Balanza

Tamices

Moldes de CR

Moldes de Proctor

Equipos para Límites de Atterberg

3.4. Procedimientos

3.4.1. Estudio de Tráfico

Este estudio tiene como finalidad determinar la proyección de la demanda vehicular de las calles a pavimentar. Teniendo en cuenta el conteo de vehículos actual se calculó la tasa de crecimiento para un periodo de diseño establecido de 20 años de acuerdo a la intensidad del tráfico.

Para iniciar el estudio de tráfico se procedió a ubicar un punto de medición en la calle más transitada de la zona de estudio “Avenida Trapiche”, para realizar el conteo de vehículos que transitan en dicha vía. El presente estudio se realizó durante los días 21-27 de setiembre del 2020.

La obtención del volumen vehicular durante los siete días de la semana, permitirá obtener el IMDa, utilizando los factores de corrección del peaje más cercano a la zona del proyecto “ESTACIÓN CUCULI”.

Finalmente se obtendrán las tasas de crecimiento para vehículos ligeros y vehículos pesados, los cuales ya están establecidos para cada departamento del Perú y así poder calcular el ESAL de diseño.

3.4.2. Estudio Topográfico

Este estudio tiene un aspecto muy importante en la elaboración de cualquier proyecto de ingeniería, ya que a partir de estos trabajos se obtienen los planos topográficos, con los cuales se diseñan la mayoría de los proyectos.

En consecuencia, este estudio es uno de los más importantes que se debe tener en cuenta para el diseño de todo proyecto de drenaje pluvial, con el objetivo de conocer las características que presenta la zona (terreno) de estudio y así mismo poder realizar los trazos del sistema y llegar a determinar la ubicación de las estructuras y posiblemente algunas instalaciones auxiliares.

Para realizar el trabajo topográfico, lo primero que se hizo es el reconocimiento de la zona de estudio, para poder tener un conocimiento previo de los puntos que se ubicarán. La cuadrilla para la realización de los trabajos topográficos estuvo

conformada por: 1 topógrafo (Manejo de la Estación Total) y 3 ayudantes (2 para las miras topográficas y 1 de seguridad). Todos los datos tomados en campo por cada día de la realización del trabajo, fueron grabados en la memoria de la estación total para luego extraer esos datos en una memoria USB, para así mismo poder procesar los datos. El resultado y producto de este estudio realizado, serán los planos topográficos.

3.4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

Este estudio se realiza con la finalidad de poder conocer las características de los suelos que se encuentran dentro de la zona del Distrito de Pátapo, los cuales permitan establecer los criterios de diseño.

Para realizar los ensayos de mecánica de suelos, primeramente, se extraen las muestras en campo (zona del proyecto), para posteriormente llevar el material al laboratorio donde se evaluará las características de los materiales y finalmente procesar toda la información obtenida que permita obtener los parámetros que se tomarán en cuenta para el diseño.

El plan de trabajo a desarrollar se basa en 3 etapas: Trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de gabinete.

Trabajo de Campo: Se realizaron 5 calicatas en la zona del proyecto a una profundidad mínima de 1.50m. De los diversos materiales encontrados en cada calicata se tomaron muestras representativas y así mismo se registraron los espesores de cada estrato encontrado. Cada muestra tomada se colocó en bolsas de polietileno para posteriormente ser llevadas al laboratorio donde se realizarán los ensayos respectivos.

En total se tienen 7 calicatas dentro del área del proyecto, 5 calicatas fueron realizadas el día 25 de agosto del 2020, y 2 calicatas fueron tomadas del estudio de mecánica de suelos del proyecto “Mejoramiento de la Transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Chota de la Localidad Pátapo-Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque”, proporcionada por la municipalidad Distrital de Pátapo, debido a que ambas calicatas se sitúan dentro de la zona del proyecto.

Trabajo de Laboratorio: Las muestras tomadas en campo fueron procesadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos “LINUS” donde se realizaron los ensayos correspondientes:

Análisis Granulométrico (ASTM D-422; MTC E 107).

Límites de Consistencia: Límite Líquido (ASTM D-423-66; MTC E 110) y Límite Plástico (ASTM D-424-59; MTC E 111).

Contenido de Humedad (ASTM D-2216; MTC E 108).

Clasificación SUCS (ASTM D-2487).

Clasificación AASHTO (ASTM D-3282).

Proctor Modificado (AASHTO T 180).

California Bearing Ratio (CBR)- (AASHTO T 193).

3.4.4. Estudio Hidrológico

Este estudio tiene como objetivo primordial obtener los datos de precipitación que son necesarios para calcular las curvas IDF y así mismo estas utilizarlas para la estimación de la intensidad máxima y por ende determinar los caudales circundantes por las vías, que se utilizarán en el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del proyecto. Para la recolección de datos meteorológicos, se tuvo como referencia la Estación Meteorológica de Pucalá, que es la estación más cercana al lugar del proyecto y así mismo el Distrito de Pucalá donde se encuentra ubicada la Estación Meteorológica presenta características similares al Distrito de Pátapo donde se encuentra ubicada el área del proyecto a desarrollar.

3.4.5. Evaluación de Impacto Ambiental

Esta evaluación tiene como objetivo identificar, evaluar y describir los impactos que traerá consigo la construcción del proyecto, en el caso de ser ejecutado. Para realizar la evaluación se hará uso de la Matriz Leopold, en la cual se identifican los impactos positivos y negativos que presentaran durante la etapa de

construcción del proyecto, a través de los diferentes factores ambientales y de las actividades que tendrá el proyecto.

Esta matriz presenta en el eje horizontal las acciones o actividades que causan el impacto ambiental y en el eje vertical las condiciones o factores ambientales existentes que puedan verse afectadas por dichas acciones. Entre la celda de la relación factor ambiental y acción se colocan dos valores, la celda se divide por una diagonal, en la parte inferior de la diagonal se coloca el valor de la magnitud que tiene valores de 1 a 10 cuando el impacto es positivo y valores de -1 a -10 cuando el impacto es negativo y en la parte superior de la diagonal se coloca el valor de la magnitud que siempre tiene valores positivos de 1 a 10. Este procedimiento es necesario y adecuado para poder identificar que actividades son las que tendrán el mayor impacto negativo y así poder tomar las correcciones y medidas que serán necesarias para mitigar estos impactos.

3.5. Plan de Procesamientos y Análisis de Datos

Fase I

Presentación formal y coordinación con las autoridades municipales

Visita al lugar del proyecto y recolección de información.

Recopilación de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.

Revisar las normas internacionales y nacionales.

Inicio de recopilación de datos para estudio hidrológico.

Revisión por parte del asesor.

Fase II

Realizar los ensayos de mecánica de suelos correspondientes.

Realizar los estudios topográficos correspondientes.

Realizar los estudios hidrológicos correspondientes.

Revisiones parciales por parte del asesor.

Inicio de Evaluación de Impacto Ambiental.

Fase III

Elaboración de la memoria descriptiva.

Elaboración final de estudio de suelos y topográficos.

Elaboración del presupuesto del proyecto.

Elaboración del Cronograma de obra.

Continuación de Evaluación de Impacto Ambiental

Fase IV

Elaboración Final de Evaluación de Impacto Ambiental

Elaboración de planos definitivos.

Conclusiones y recomendaciones.

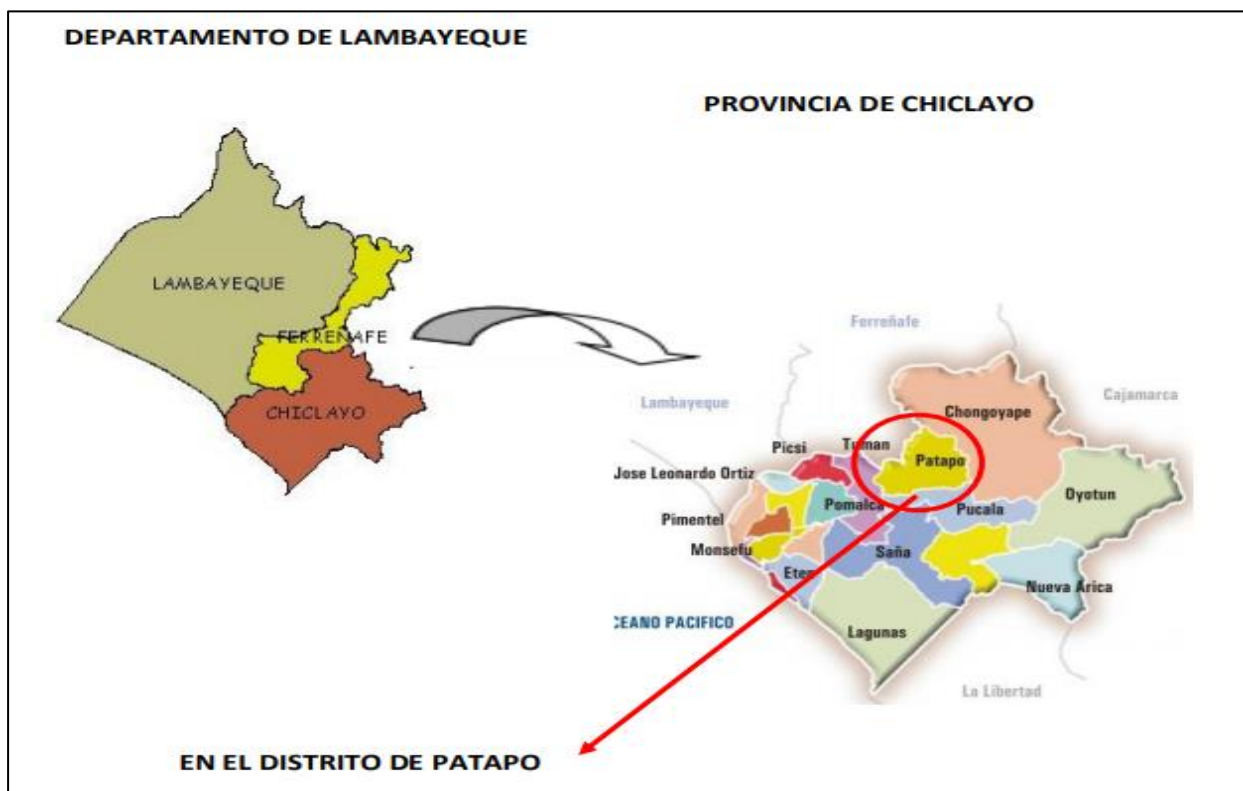
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción General del Área de Estudio

4.1.1. Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en el Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Figura N° IV.1: Ubicación del Proyecto



Fuente: Municipalidad Distrital de Pátapo

Figura N° IV.2: Zona de Estudio



Fuente: Google EARTH

4.1.2. Clima

El Distrito de Pátapo presenta un clima semicálido. La temperatura está de acuerdo a los datos obtenidos de la Estación Meteorológica, alcanzando temperaturas máximas de 28.5 °C y temperaturas mínimas de 18.1 °C.

4.1.3. Infraestructura Existente

La infraestructura actual existente que se encuentra en la zona de estudio, está comprendida por viviendas, con un porcentaje construidas con material rústico, también cuenta con una infraestructura vial, salud y educación, los cuales son necesarios para atender a la población que residen en el Distrito de Pátapo.

4.1.4. Vías de Acceso

Para llegar al Distrito de Pátapo desde Chiclayo, se utiliza la carretera que conecta Chiclayo-Chongoyape. El tiempo de viaje dura aproximadamente 30 minutos en promedio.

4.2. Estudio de Tráfico

Para realizar este estudio se eligió la calle más transitada, siendo específicamente la Avenida Trapiche, la cual también es la entrada principal hacia el Distrito de Pátapo.

El objetivo principal de este estudio es determinar la proyección de la demanda vehicular para realizar el rediseño del pavimento de las vías donde se proyectará el sistema subterráneo de drenaje pluvial y el diseño del pavimento de las calles que se encuentran dentro del área del proyecto y actualmente no cuentan con una pavimentación.

El tránsito de vehículos del Distrito de Pátapo generalmente está basado en vehículos ligeros (autos, camionetas, combi, etc.).

Figura N° IV.3: Punto de Medición de Estudio de Tráfico



Fuente: Google EARTH

4.2.1. Índice Medio Diario (IMD) e Índice Medio Semanal (IMDs)

El IMD representa la cantidad de vehículos que transitan en una vía durante un periodo menor e igual a un año dividido entre el total de números de días de dicho periodo.

El IMDs se calcula a partir del volumen diario del conteo vehicular realizado durante los siete días de la semana, mediante la siguiente fórmula.

$$\text{IMDs} = \sum \frac{V_i}{7}$$

Donde:

V_i = Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

4.2.2. Factores de Corrección

Estos son factores necesarios, debido a que el estudio de tráfico se realiza durante el periodo de una semana, entonces se requiere determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA), por lo cual se usan los factores de corrección.

Los factores de corrección para los tipos de vehículo (ligero y pesado), se tomaron del Peaje CUCULÌ del mes de setiembre del periodo 2010-2016, que es el más actualizado y el más cercano a la zona del proyecto.

FC vehículo ligeros=0.9449

FC vehículo pesados=0.9034

4.2.3. Índice Medio Anual (IMDA)

“Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, existente en una sección dada de una calle o vía”. [15]

El IMDA se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IMDA} = \text{FC} * \text{IMDs}$$

En la siguiente tabla se muestra el caculo del IMDa que se determinó mediante el estudio de tráfico realizado en el lugar del proyecto, durante los días 21-27 de setiembre del 2020.

Tabla N° IV.1: Índice Medio Diario Anual (IMDa)

TIPO DE VEHICULOS		DIA 1 (LUNES)		DIA 2 (MARTES)		DIA 3 (MIERCOLES)		DIA 4 (JUEVES)		DIA 5 (VIERNES)		DIA 6 (SABADO)		DIA 7 (DOMINGO)		PROMEDIO DIARIO		TIPO DE VEHÍCULO	INDICE MEDIO DIARIO ANUAL	
		IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMDs	FC		IMDa	%
	Autos	757	69%	716	69%	692	72%	704	69%	733	74%	739	71%	739	71%	726	0.9449	Liviano	686	71%
	Station Wagon	70	6%	59	6%	41	4%	53	5%	41	4%	53	5%	53	5%	53	0.9449	Liviano	50	5%
Camionetas	Pick Up	170	15%	164	16%	141	15%	176	17%	164	16%	147	14%	147	14%	158	0.9449	Liviano	150	15%
	Panel	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9449	Liviano	0	
	Rural (Combi)	53	5%	53	5%	53	6%	41	4%	29	3%	59	6%	59	6%	50	0.9449	Liviano	47	5%
Bus	Micro	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9449	Liviano	0	
	Ómnibus 2E	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	Ómnibus 3E	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
Camión	Camión 2 E	47	4%	47	5%	35	4%	41	4%	29	3%	47	4%	47	4%	42	0.9034	Pesado	38	4%
	Camión 3 E	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	Camión 4 E	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
Semi Tráiler	2S1/2S2	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	2S3	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	3S1/3S2	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	3S3	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
Tráiler	2T2	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	2T3	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	3T2	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
	3T3	-		-		-		-		-		-		-		-	0.9034	Pesado	0	
TOTAL, PROMEDIO DIARIO		1097	100%	1039	100%	962	100%	1015	100%	996	100%	1045	100%	1045	100%	1028			970	100%
TOTAL SEMANAL																7199			veh/día	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Proyección de Tránsito y Período de Diseño

La proyección del tránsito se realiza para el periodo de diseño para la cual se va a diseñar el pavimento el cual será de 20 años. La proyección del tránsito también está basada en las tasas de crecimiento de vehículos que ya están establecidas por departamento.

El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 * (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n = tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_0 = tránsito actual (año base) en veh/día.

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

n = año futuro de proyección.

El período de diseño para el pavimento que se diseñará se ha establecido un periodo de 20 años.

Tabla N° IV.2: Periodo de Diseño

CLASIFICACION DE LA VIA	PERIODO DE ANALISIS (AÑOS)
Urbana de Alto Volumen de tráfico	30-50
Rural de Alto Volumen de tráfico	20-50
Pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	15-25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10-20

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos (AASHTO)

4.2.5. Tasa de Crecimiento

Para el cálculo del IMD proyectado se han tomado como datos iniciales las tasas anuales de crecimiento para vehículos ligeros y pesados, debido a que en la zona de estudio transitan ambos tipos de vehículos. El periodo de proyección es de 20 años.

Tabla N° IV.3: Tasas de crecimiento de vehículos

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Tabla N° IV.4: IMD Proyectado

Tasa anual de crecimiento para Vehículos Livianos		0.97%			
Tasa anual de crecimiento para Vehículos Pesados		3.45%			
Periodo de diseño (años)		20 años			
TIPO DE VEHICULOS		PROMEDIO DIARIO		TASA DE CRECIMIENTO	IMD (20 años)
		IMDa	(%)		PROYECTADO
Autos		686	71%	0.97%	823
Station Wagon		50	5%	0.97%	60
Camionetas	Pick Up	150	15%	0.97%	180
	Panel	-	"	0.97%	
	Camioneta Rural	47	5%	0.97%	56
Micro		-	"	0.97%	
Bus	Ómnibus 2E	-	"	3.45%	
	Ómnibus 3E	-	"	3.45%	
Camión	Camión 2 E	38	4%	3.45%	72
	Camión 3 E	-	"	3.45%	
	Camión 4 E	-	"	3.45%	
Semi Trayler	2S1/2S2	-	"	3.45%	
	2S3	-	"	3.45%	
	3S1/3S2	-	"	3.45%	
	3S3	-	"	3.45%	
Trayler	2T2	-	"	3.45%	
	2T3	-	"	3.45%	
	3T2	-	"	3.45%	
	3T3	-	"	3.45%	
TOTAL		970	100%		1191

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Cálculo de ESAL de Diseño

Para el cálculo del ESAL de diseño se deben tener en cuenta los siguientes parámetros especificados en el Manual de Suelos y Pavimentos.

Tabla N° IV.5: Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fe)	Factor Ponderado FdxFc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (MTC)

Tabla N° IV.6: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE 8.2tn)
Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	$EEs2 = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	$EEs2 = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EEta1)	$EEs2 = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EEta2)	$EEs2 = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles +1 eje rueda simple) (EEtr1)	$EEs2 = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EEtr2)	$EEs2 = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (MTC)

Tabla N° IV.7: Parámetros para ESAL

Parámetros	Descripción
Nrep de EE	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes
EE _{dia-carril}	EE _{dia-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo, se aplica la siguiente relación:
	$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$
	Donde:
	IMD _{pi} : corresponde al índice Medio Diario según tipo de vehículo seleccionado (i)
	F _d : Factor Direccional
	F _c : Factor Carril de diseño
	F _{vpi} : Factor vehículo del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo, y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo entre el número total del tipo de vehículo seleccionado.
	F _{pi} : Factor de Presión de neumáticos.
F _{ca}	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (MTC)

4.2.6.1. ESAL de Diseño

Para el cálculo de ESAL se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla N° IV.8: Ejes equivalente de vehículos

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P.	f. IMDA
		2021	EJE	LLANTAS	EJE T _n	FLEXIBLE	FLEXIBLE
VEHICULOS LIGEROS	Autos	686.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.36153
		686.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.36153
	S. Wagon	50.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.02635
		50.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.02635
	Pick Up	150.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.07905
		150.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.07905
	Rural	47.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.02477
		47.00	SIMPLE	2.00	1.00	0.00053	0.02477
CAMIÓN	2E	38.00	SIMPLE	2.00	7.00	1.26537	48.08394
		38.00	SIMPLE	4.00	11.00	3.23829	123.05490
						Σf*IMDa=	172.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.9: Cálculo de ESAL de Diseño

Pavimento flexible		
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	3.45%
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados	Fca	28.13
N° de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.50
Número de ejes equivalentes (ESAL) #EE = 365 * (Σf.IMDa) * Fd * Fc * Fca	ESAL	883 687

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r =tasa anual de crecimiento

n= periodo de diseño

4.3. Estudio Topográfico

Este estudio se realiza con la finalidad de tener una representación del relieve que presenta el terreno. Para obtener el levantamiento topográfico del área de estudio, se utilizó una estación Total Leica TS06. El procedimiento para llevar a cabo el levantamiento topográfico de la zona del proyecto fue el siguiente:

4.3.1. Descripción del Trabajo

4.3.1.1. Reconocimiento del terreno

Se efectuó la inspección o reconocimiento del terreno, en la cual se indagó sobre el método más recomendado aplicar.

A. Levantamiento Topográfico (trabajo de campo)

Se empezó a realizar los trabajos en las primeras horas del día (8 am aproximadamente), para poder evitar el intenso calor que se presenta a partir del mediodía. Como primer paso se establecieron 3 BM principales, a partir de ello se inició la ubicación de las estaciones adecuadas para la toma de puntos (manzanas, calles, veredas, sardineles, buzones, etc.). En este levantamiento ejecutado se ubicaron 62 estaciones dentro del área de la zona del proyecto.

B. Trabajo de Gabinete

Se descargó la información de todos los puntos tomados durante la ejecución del trabajo que se guardaron en la Estación total, para posteriormente ser procesados en el Civil 3D, para así poder elaborar los planos respectivos que serán necesarios. En los siguientes cuadros se muestra la información de los BM's y de las estaciones ubicadas en las zonas del proyecto:

Tabla N° IV.10: BM's del proyecto

N°	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	650003.8	9254945	85.0001	BM2
2	650130.8	9254881	85.4713	BM1
3	650061.4	9254943	85.4842	BM3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.11: Estaciones en la zona del proyecto

N°	ESTE	NORTE	COTA	ESTACIONES
1	650053	9254922	85.0699	E1
2	650024.7	9254937.9	84.8964	E2
3	649951.9	9254979.8	84.7557	E3
4	649852.3	9255030.7	84.5096	E4
5	649980.2	9255274.9	86.8404	E5
6	650000.9	9255302	87.6758	E6
7	650025.8	9255309.9	90.0316	E7
8	650049.8	9255304	88.3693	E8

9	650025.5	9255307.8	89.042	E9
10	650049.7	9255303.7	88.3351	E10
11	650067.4	9255312.9	89.4951	E11
12	650028.2	9255257.1	87.2698	E12
13	650028.2	9255257.1	87.2733	E13
14	650089.1	9255302.6	88.663	E14
15	650119.2	9255281.9	88.9475	E15
16	650069.9	9255193.8	87.1777	E16
17	650177.9	9255336.1	90.0214	E17
18	650047.6	9255164.6	86.779	E18
19	650012.5	9255101.9	85.8711	E19
20	649995.7	9255068.7	85.3386	E20
21	649980.8	9255040.5	84.5106	E21
22	649980.8	9255040.5	84.909	E22
23	650278.5	9255281.7	90.2752	E23
24	650198	9255265.3	89.1816	E24
25	650178.9	9255234.7	88.5531	E25
26	650202.2	9255211.9	88.6673	E26
27	650145.6	9255188.3	87.8503	E27
28	650274.7	9255177.7	88.8955	E28
29	650162	9255133.3	87.6781	E29
30	650201.2	9255057.1	86.9637	E30
31	650371.7	9255226.8	90.6293	E31
32	650325.4	9255146	88.5924	E32
33	650369.9	9255167.6	89.307	E33
34	650331.4	9255098.4	88.2709	E34
35	650312.8	9255065.2	87.74	E35
36	650292.4	9255018.4	86.9325	E36
37	650261.7	9254964.3	86.475	E37
38	650285.1	9255005.9	86.8512	E38
39	650260.6	9255015.8	86.9447	E39
40	650352.6	9254972.3	87.0321	E40
41	650401.3	9255062.7	87.9121	E41
42	650442.4	9255034.4	88.2901	E42
43	650480.9	9255107.4	89.5026	E43

44	650442.5	9255123.5	89.2985	E44
45	650459.2	9255164.6	90.335	E45
46	650467.2	9255179.9	90.7457	E46
47	650488	9255211.2	90.9694	E47
48	650487.3	9255228.3	90.9691	E48
49	650417.1	9255245.8	90.6561	E49
50	650569.1	9255194.4	91.5401	E50
51	650442.8	9254965.4	87.4914	E51
52	650436.1	9254937.9	87.2753	E52
53	650225.5	9254842.6	85.3154	E53
54	650274	9254806.7	85.5822	E54
55	650431.1	9255268.9	90.5864	E55
56	650420	9255262	90.7397	E56
57	650391.8	9255260.6	90.5117	E57
58	650332.3	9255324.5	90.5795	E58
59	650309.1	9255375.8	90.9085	E59
60	650266.2	9255390.6	90.7384	E60
61	650193.7	9255398.1	90.2375	E61
62	650151.6	9255338.3	90.0415	E62

Fuente: Elaboración Propia

C. Conclusiones

Con los resultados finales se concluye que el área del proyecto tiene una cota máxima de 92.446 m y una cota mínima de 84.408 m.

La topografía que presenta el área del proyecto, corresponde a una topografía Plana, debido a que el promedio de las pendientes de todas las calles es menor a 2%

4.3.1.2. Equipo de Topografía

Equipo de Topografía

01 estación Total Leica TS06.

01 trípode

02 prismas

01 cinta métrica

Personal Empleado

01 topógrafo

03 ayudantes

Herramientas

Estacas

Yeso y pintura

4.4. Estudio de Suelos

Para el presente proyecto se realizaron 5 calicatas, las cuales fueron de sección 1.00 m x 1.00 m con una altura de 1.50m. Se tomaron los datos de 2 calicatas del estudio de mecánica de suelos del proyecto “Mejoramiento de la Transitabilidad vehicular y peatonal de la Av. Chota de la Localidad Pátapo-Provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque”, que fue proporcionado por la Municipalidad Distrital de Pátapo.

En general se tienen 7 calicatas, que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla N° IV.12: Datos de las Calicatas

DATOS DE CALICATAS				
CALICATAS	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	NORTE	ESTE
C-1	M-1	1.5	9255038.155	650453.744
C-2	M-1	1.5	9255234.446	650182.466
C-3	M-1	1.5	9255082.678	650013.184
C-4	M-1	1.5	9255195.974	650363.123
C-5	M-1	1.5	9255327.293	650216.304
C-6	M-1	1.5	9254981.051	649983.806
C-7	M-1	1.5	9254848.894	650234.482

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos que se llevaron a cabo a las muestras tomadas en campo fueron los siguientes:

Análisis Granulométrico (ASTM D-422; MTC E 107).

Límites de Consistencia: Límite Líquido (ASTM D-423-66; MTC E 110) y Límite Plástico (ASTM D-424-59; MTC E 111).

Contenido de Humedad (ASTM D-2216; MTC E 108).

Clasificación SUCS (ASTM D-2487).

Clasificación AASHTO (ASTM D-3282).

Proctor Modificado (AASHTO T 180).

California Bearing Ratio (CBR)- (AASHTO T 193).

4.4.2. Descripción de la Estratigrafía de la zona

Con los resultados de las muestras ensayadas se procedió a realizar la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO. En la siguiente tabla de resumen, se muestran los resultados finales de los ensayos que se realizaron en el laboratorio.

Tabla N° IV.13: Resumen de Estudio de Mecánica de suelos

RESUMEN DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
DATOS			ENSAYOS					CLASIFICACIÓN	
CALICATAS	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	HUMEDAD (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	SUCS	AASHTO
C-1	M-1	1.5	Arena pobremente graduada con limo y grava	4.84	18.23	15.81	2.42	A-1-b(0)	SP-SM
C-2	M-1	1.5	Arena Arcillosa	4.08	25.89	14.85	11.04	A-6(3)	SC
C-3	M-1	1.5	Arena Arcillosa	3.82	30.54	19.29	11.25	A-2-6(0)	SC
C-4	M-1	1.5	Arena Arcillosa de baja Plasticidad	10.52	26.46	14.97	11.49	A-6(4)	CL
C-5	M-1	1.5	Arena Arcillosa	7.29	25.17	15	10.17	A-2-4(0)	SC
C-6	M-1	1.5	Arcillas Inorgánicas de Mediana Plasticidad	6.82	37.39	22.85	14.54	A-6(0)	CL
C-7	M-1	1.5	Arena limosa, mezclas de arena y limo	5.58	21.02	18.44	2.58	A-2-4(0)	SM

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Corte Directo

Este ensayo se ejecutó estratégicamente para las muestras inalteradas de suelos que fueron tomadas de las calicatas C-1, C-2 y C-3. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° IV.14: Resultados de Ensayo de Corte Directo

RESUMEN: CORTE DIRECTO					
CALICATAS	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	qa (kg/cm ²)
C-1	M-1	1.5	28.5	0.01	0.84
C-2	M-1	1.5	14	0.31	0.84
C-3	M-1	1.5	13.58	0.33	0.86

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4. Capacidad de Soporte del Terreno de Fundación

Se obtienen los valores de CBR al 95% de máxima densidad seca. Esto se realiza para las muestras extraídas de las calicatas seleccionadas estratégicamente. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° IV.15: Resultados de Ensayos de Proctor y CBR

RESUMEN: PROCTOR Y CBR					
DATOS			PROCTOR		CBR
CALICATAS	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OCH (%)	95% MDS (%)
C-1	M-1	1.5	1.92	8.48	6.10
C-2	M-1	1.5	1.86	12.18	7.80
C-3	M-1	1.5	1.86	12.07	8.20
C-4	M-1	1.5	1.80	15.86	5.30
C-5	M-1	1.5	1.85	13.15	8.60
C-6	M-1	1.5	1.84	15.44	6.65
C-7	M-1	1.5	1.92	11.43	9.20

Fuente: Elaboración Propia

4.4.5. Capacidad de Infiltración del Suelo

Este estudio tiene como finalidad, conocer cuál es la velocidad de infiltración que presenta el suelo del Distrito de Pátapo. De acuerdo a los resultados del estudio de suelos, la mayor parte del área de estudio, presenta en sus características un suelo arenoso.

Se define como infiltración, al proceso de entrada del agua de forma vertical, desde la superficie del terreno hacia el suelo.

Este ensayo se realizó en la CA. La Florida y Calle La Primera. Se empleó el método directo, mediante un tubo PVC de 10 cm de diámetro y 60 cm de altura, el cual se hincó en el suelo, para luego introducir una cierta cantidad de agua y así poder medir el descenso que presenta esta en distintos periodos de tiempo, establecidos para realizar el cálculo final.

Los materiales que se emplearon fueron los siguientes:

-Un tubo PVC de 10 cm de diámetro y 60 cm y altura.

-Una wincha, para medir la altura de agua para distintos periodos de tiempo.

-Un cronómetro, para tomar los periodos de tiempo.

-Una bolsa plástica, la cual se coloca en el tubo PVC, luego se llena el agua en esta y se retira lentamente, ajustando el cronómetro para comenzar con la medición. Esto se realiza para que los resultados que se obtengan sean más precisos.

4.4.5.1. Ensayo de Infiltración

Este ensayo se llevó a cabo el día martes 22 de setiembre, en horas de la mañana (10 a.m.).

Figura N° IV.4: Prueba de Infiltración Calle La Florida



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.5: Prueba de Infiltración Calle La Primavera



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.6: Prueba de Infiltración Calle La Primavera



Fuente: Elaboración Propia

Los datos tomados en campo se presentan en los siguientes cuadros.

Tabla N° IV.16: Datos de Campo Calle La Florida

Hora	Δ Tiempo	Tiempo Acumulado	Altura (H)	Altura (H)	Lamina de Infiltración	Lamina de Infiltración Acumulada
	minutos	minutos	cm	mm	mm	mm
10:00:00 a.m.	0.00		20	200		0
10:02:00 a.m.	2.00	2.00	19	190	10	10
10:05:00 a.m.	3.00	5.00	18.5	185	5	15
10:10:00 a.m.	5.00	10.00	18	180	5	20
10:20:00 a.m.	10.00	20.00	17.2	172	8	28
10:30:00 a.m.	10.00	30.00	16.5	165	7	35
10:40:00 a.m.	10.00	40.00	15.8	158	7	42
10:50:00 a.m.	10.00	50.00	15.4	154	4	46
11:00:00 a.m.	10.00	60.00	15	150	4	50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.17: Datos de Campo Calle La Primavera

Hora	Δ Tiempo	Tiempo Acumulado	Altura (H)	Altura (H)	Lamina de Infiltración	Lamina de Infiltración Acumulada
	minutos	minutos	cm	mm	mm	mm
11:20:00 a.m.	0.00		20	200		0
11:22:00 a.m.	2.00	2.00	18.8	188	12	12
11:25:00 a.m.	3.00	5.00	18.1	181	7	19
11:30:00 a.m.	5.00	10.00	17.5	175	6	25
11:40:00 a.m.	10.00	20.00	17	170	5	30
11:50:00 a.m.	10.00	30.00	16.5	165	5	35
12:00:00 a.m.	10.00	40.00	15.9	159	6	41
12:10:00 a.m.	10.00	50.00	15.4	154	5	46
12:20:00 a.m.	10.00	60.00	15.1	151	3	49

Fuente: Elaboración Propia

La metodología que se empleó para realizar este ensayo, fue la ecuación de Kostiakov, la cual se representa mediante la siguiente fórmula:

$$d = K * t^m$$

Donde:

d = infiltración acumulada en el tiempo (minutos)

K= constante que depende de la estructura inicial del suelo (seco)

m = constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua.

Para obtener los valores de K y m, se realiza el siguiente procedimiento:

$$\text{Log } d = \text{log } K + m * \text{log } t$$

Esta ecuación representa la línea recta: $y=b+a*x$

Log d= y

$$\text{Log } K = b$$

$$m = a$$

$$\text{Log } t = x$$

Tabla N° IV.18: Lamina de Infiltración Acumulada Calle La Florida

n	Tiempo Acumulado	Lamina de Infiltración Acumulada	Velocidad de Infiltración Acumulada	Velocidad de Infiltración Acumulada	X=log t	Y=log v	log t*log v	(log t) ²	Lamina de Infiltración Acumulada
	minutos	mm	mm/min	cm/hr					mm
1	0.00	0	0.00	0					0.00
2	2.00	10	5.00	30	0.30	0.70	0.21	0.09	3.77
3	5.00	15	3.00	18	0.70	1.18	0.82	0.49	8.10
4	10.00	20	2.00	12	1.00	1.30	1.30	1.00	14.44
5	20.00	28	1.40	8.4	1.30	1.45	1.88	1.69	25.75
6	30.00	35	1.17	7	1.48	1.54	2.28	2.18	36.11
7	40.00	42	1.05	6.3	1.60	1.62	2.60	2.57	45.90
8	50.00	46	0.92	5.52	1.70	1.66	2.82	2.89	55.29
9	60.00	50	0.83	5	1.78	1.70	3.02	3.16	64.36
					9.86	11.15	14.94	14.07	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.19: Lamina de Infiltración Acumulada Calle La Primavera

n	Tiempo Acumulado	Lamina de Infiltración Acumulada	Velocidad de Infiltración Acumulada	Velocidad de Infiltración Acumulada	X=log t	Y=log v	log t*log v	(log t) ²	Lamina de Infiltración Acumulada
	minutos	mm	mm/min	cm/hr					mm
1	0.00	0	0.00	0					0.00
2	2.00	12	6.00	36	0.30	0.78	0.23	0.09	4.34
3	5.00	19	3.80	22.8	0.70	1.28	0.89	0.49	9.02
4	10.00	25	2.50	15	1.00	1.40	1.40	1.00	15.68
5	20.00	30	1.50	9	1.30	1.48	1.92	1.69	27.26
6	30.00	35	1.17	7	1.48	1.54	2.28	2.18	37.67
7	40.00	41	1.03	6.15	1.60	1.61	2.58	2.57	47.39
8	50.00	46	0.92	5.52	1.70	1.66	2.82	2.89	56.63
9	60.00	49	0.82	4.9	1.78	1.69	3.01	3.16	65.49
					9.86	11.44	15.14	14.07	

Fuente: Elaboración Propia

Calculando las constantes m y K

$$m = \frac{\frac{\sum(\log t * \log d)}{n} - \frac{\sum \log t}{n} * \frac{\sum \log d}{n}}{\frac{\sum (\log t)^2}{n} - \left(\frac{\sum \log t}{n}\right)^2}$$

$$m = \frac{\frac{14.94}{9} - \frac{9.86}{9} * \frac{11.15}{9}}{\frac{14.07}{9} - \left(\frac{9.86}{9}\right)^2}$$

$m = 0.83$ (Para Calle La Florida)

$m = 0.80$ (Para Calle La Primavera)

$$\log K = \frac{\log d}{n} - m * \frac{\log t}{n}$$

$$\log K = \frac{11.15}{9} - 0.83 * \frac{9.86}{9}$$

$K = 2.12$ (Para Calle La Florida)

$K = 2.50$ (Para Calle La Primavera)

Calculando la Infiltración Instantánea

$$I = k * T^{-n}$$

Donde:

$$k = K * m * 60$$

$$k = 2.12 * 0.83 * 60 = 105.94 \text{ (Para Calle La Florida)}$$

$$k = 2.50 * 0.80 * 60 = 105.94 \text{ (Para Calle La Primavera)}$$

$$n = m - 1$$

$$n = 0.83 - 1 = -0.17 \text{ (Para Calle La Florida)}$$

$$n = 0.80 - 1 = -0.20 \text{ (Para Calle La Florida)}$$

Tabla N° IV.20: Infiltración Instantánea Calle La Florida

n	Tiempo Acumulado	Infiltración Instantánea
	minutos	mm/hr
1		
2	2	94.42
3	5	81.09
4	10	72.28
5	20	64.42
6	30	60.22
7	40	57.41
8	50	55.33
9	60	53.68

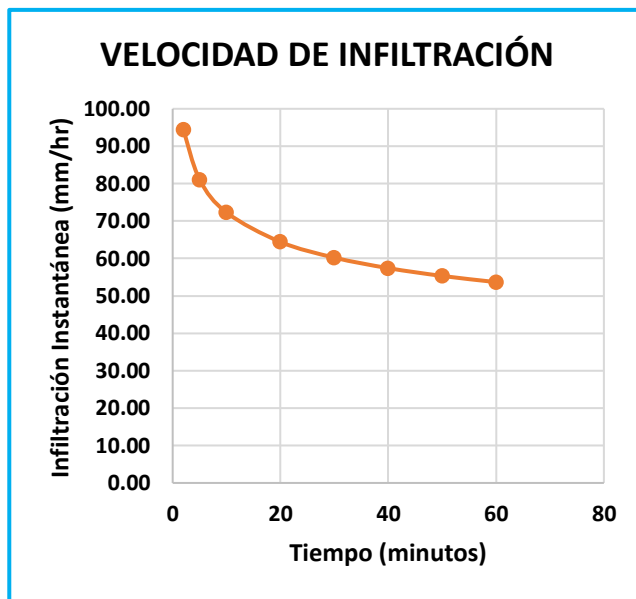
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.21: Infiltración Instantánea Calle La Primavera

n	Tiempo Acumulado	Infiltración Instantánea
	minutos	mm/hr
1		
2	2	103.91
3	5	86.35
4	10	75.06
5	20	65.25
6	30	60.12
7	40	56.72
8	50	54.22
9	60	52.26

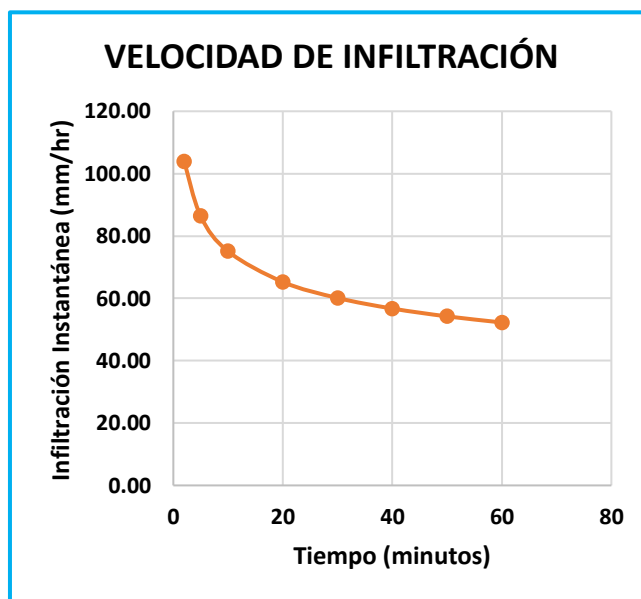
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.7: Velocidad de Infiltración Calle La Florida



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.8: Velocidad de Infiltración Calle La Primavera



Fuente: Elaboración Propia

4.4.6. Conclusiones

- ✓ Las 7 calicatas del presente proyecto tienen una profundidad de 1.50 m.
- ✓ No se encontró presencia de nivel freático hasta la profundidad estudiada.
- ✓ De acuerdo a los parámetros especificados en el manual de suelos y pavimentos, el suelo en una gran parte presenta un CBR regular, mientras que en una parte presenta CBR pobre, esto se puede observar en la calicata C-4, la cual tiene el CBR más bajo de 5.30%.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos, el suelo tiene un ángulo de fricción máximo de 28. 5° y el ángulo de fricción menor es de 13.58°.
- ✓ La capacidad de infiltración que presenta el suelo es alta, esto se debe al tipo de suelo arenoso, el cual presenta una tasa de infiltración alta.

4.5. Estudio Hidrológico

El objetivo primordial de este estudio es obtener los parámetros precipitación que son necesarios para el cálculo de las curvas IDF y por ende para la estimación de los caudales de circundantes en las vías, que se utilizarán en el diseño del sistema de drenaje del proyecto. Se empleará la información de la Estación Meteorológica de Pucalá, cuyos datos se obtendrán del SENAMHI.

4.5.1. Información Hidrológica

Al no contar con datos de precipitación del área de estudio, la información meteorológica referida a la precipitación máxima en 24 horas, se ha tomado como referencia la Estación Pucalá, la cual se encuentra ubicada más cerca de la zona del proyecto, y así mismo el Distrito de Pucalá presenta características similares en cuanto al relieve del terreno, vegetación, viviendas, etc., con el Distrito de Pátapo, donde se encuentra ubicado el proyecto a desarrollar.

Tabla N° IV.22: Precipitación Máxima Anual en 24h (mm)

Nº	Año	Pmàx(mm) 24h
1	1965	2.99
2	1966	1.59
3	1967	2.88
4	1968	1.54
5	1969	2.31
6	1970	1.82
7	1971	3.98
8	1972	6.52
9	1973	3.29
10	1974	1.25
11	1975	1.91
12	1976	1.80
13	1977	2.47
14	1978	1.53
15	1979	1.48
16	1980	1.36
17	1981	3.88
18	1982	1.60
19	1983	19.08
20	1984	5.78
21	1985	3.86
22	1986	3.37
23	1987	3.74
24	1988	3.10
25	1989	3.27
26	1990	2.72
27	1991	2.64
28	1992	3.85
29	1993	6.82
30	1994	5.34

31	1995	3.70
32	1996	3.52
33	1997	4.22
34	1998	8.82
35	1999	2.23
36	2000	1.13
37	2001	3.82
38	2002	7.11
39	2003	2.82
40	2004	1.58
41	2005	1.51
42	2006	2.72
43	2007	2.05
44	2008	4.85
45	2009	2.97
46	2010	5.39
47	2011	3.39
48	2012	5.57
49	2013	3.41
50	2014	2.41
51	2015	3.89
52	2016	6.70
53	2017	12.45

Fuente: Estación Pucalá (SENAMHI)

4.5.2. Análisis de Consistencia

El análisis de consistencia o análisis de doble masa es un método gráfico, el cual sirve para poder identificar y así mismo ajustar algunas irregularidades del registro de datos de la estación en estudio, comparando la precipitación máxima acumulada anual con los valores correspondientes acumulado promedio de un grupo de estaciones que se encuentren localizados a su alrededor.

Para la construcción de la curva doble masa se colocan en las ordenadas la precipitación acumulada de la estación en estudio y en las abscisas el promedio de los datos de precipitación acumulada de un grupo de estaciones.

Para verificar la consistencia de datos de la estación en estudio se han tomado como referencia las estaciones meteorológicas Lambayeque, Cayalti y Ferreñafe. En las siguientes tablas se muestra el registro de datos de precipitación máxima anual y precipitación máxima anual acumulada de la estación en estudio y las estaciones tomadas para realizar el análisis de doble masa.

Tabla N° IV.23: Precipitación Máxima Anual en 24h (mm)

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL (mm)				
	ESTACIÓN PUCALÁ (A)	ESTACIÓN LAMBAYEQUE (B)	ESTACIÓN CAYALTI (C)	ESTACIÓN FERREÑAFE (D)	PROMEDIO (B, C, D)
1965	3.91	4.14	3.21	3.91	3.75
1966	2.08	2.59	2.87	2.08	2.51
1967	3.76	2.16	3.67	3.76	3.20
1968	2.01	1.71	1.1	2.01	1.61
1969	3.02	2.54	2.28	3.02	2.61
1970	2.37	2.03	1.98	2.37	2.13
1971	5.2	3.17	8.76	3.59	5.17
1972	8.51	4.08	8.03	8.51	6.87
1973	4.3	2.76	2.69	4.3	3.25
1974	1.63	2	1.61	1.72	1.78
1975	2.5	2.02	3.66	2.87	2.85
1976	2.35	1.57	2.81	2.28	2.22
1977	3.22	2	3.4	3.24	2.88
1978	2	1.75	1.93	1.86	1.85
1979	1.93	1.58	1.11	2.12	1.60

1980	1.78	1.36	1.25	2.02	1.54
1981	5.07	1.96	3.37	4.94	3.42
1982	2.09	1.48	1.14	2.11	1.58
1983	15.16	10.71	18.2	13.72	14.21
1984	4.59	1.98	10.66	2.8	5.15
1985	3.07	2.54	5.23	3.07	3.61
1986	2.68	2.11	5.92	3.03	3.69
1987	2.97	1.83	12.7	2.62	5.72
1988	2.46	1.69	6.18	4.19	4.02
1989	2.6	1.84	6.44	2.6	3.63
1990	2.16	1.66	6.02	2.42	3.37
1991	2.1	1.4	12.48	2.17	5.35
1992	3.06	3.12	8.05	3.3	4.82
1993	5.42	2.14	9.41	2.66	4.74
1994	4.24	3.16	11.49	3.27	5.97
1995	2.94	3.19	8.45	2.83	4.82
1996	2.8	1.75	6.43	2.61	3.60
1997	3.35	2.06	12.32	3.1	5.83
1998	13.7	8.22	14.87	13.7	12.26
1999	3.46	3	3.72	3.46	3.39
2000	1.76	2.02	5.03	1.76	2.94

2001	5.94	4.14	2.25	5.94	4.11
2002	11.05	3.17	2.26	11.05	5.49
2003	4.38	2.82	1.35	4.38	2.85
2004	2.45	1.92	1.28	2.45	1.88
2005	2.35	2.04	1.04	2.35	1.81
2006	4.23	3.3	1.97	4.23	3.17
2007	3.19	2.35	3.69	3.19	3.08
2008	4.85	3.1	7.16	4.85	5.04
2009	2.97	2.2	7.38	2.97	4.18
2010	5.39	3.89	7.72	5.39	5.67
2011	3.39	2.34	6.33	3.39	4.02
2012	5.57	4.08	8.44	5.57	6.03
2013	3.41	2.51	7.6	3.41	4.51
2014	2.41	1.82	7.78	2.41	4.00
2015	3.89	2.82	6.07	3.89	4.26
2016	6.7	4.67	9.52	7	7.06
2017	12.45	9.24	18.37	12.45	13.35

Fuente: Estaciones: Pucalá, Lambayeque, Cayalti, Ferreñafe (SENAMHI)

Tabla N° IV.24: Precipitación Máxima Anual Acumulada en 24h (mm)

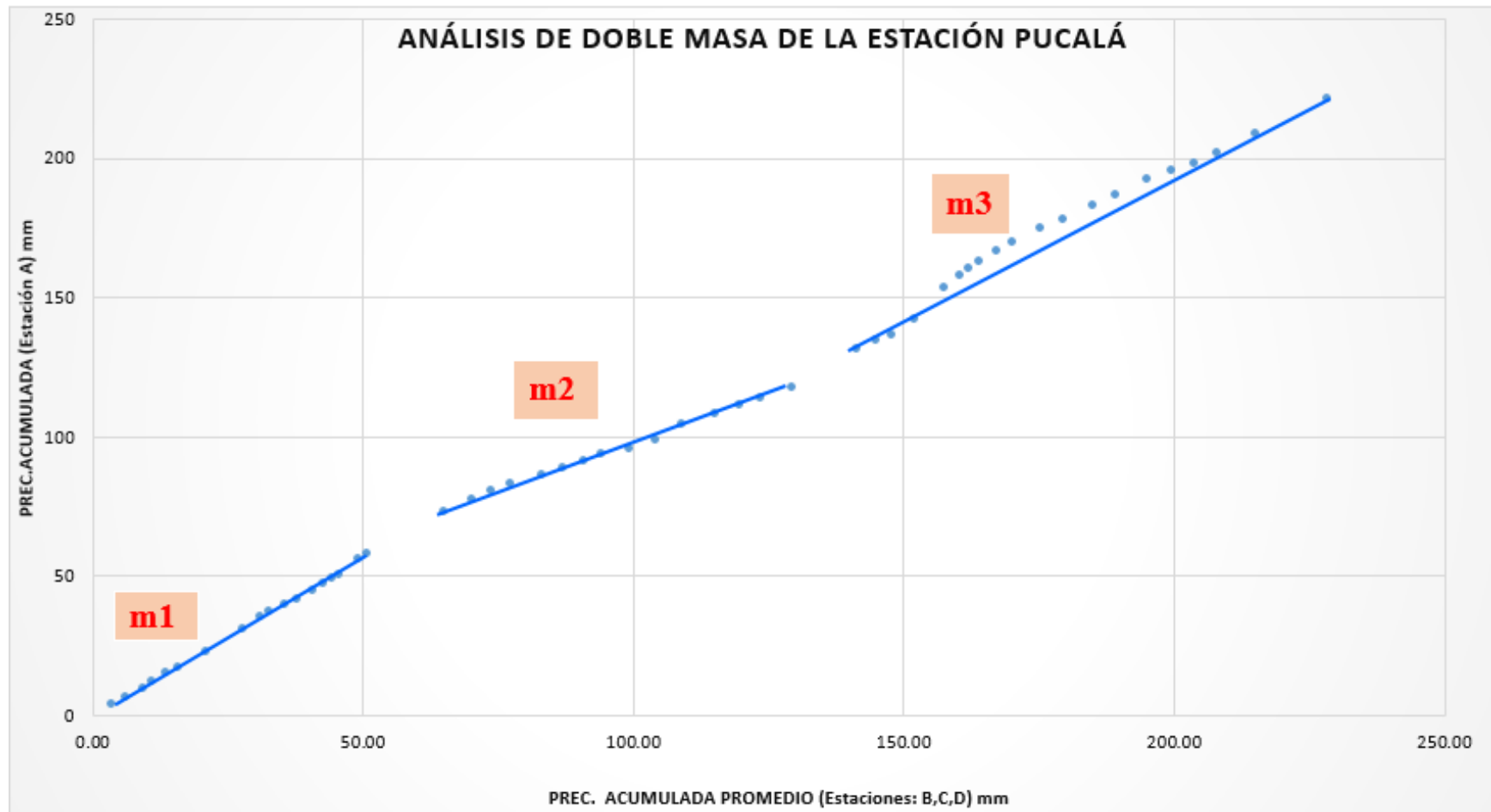
PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL ACUMULADA (mm)					
AÑO	ESTACIÓN PUCALÁ (A)	ESTACIÓN LAMBAYEQUE (B)	ESTACIÓN CAYALTI (C)	ESTACIÓN FERREÑAFE (D)	PROMEDIO (B, C, D)
1965	3.91	4.14	3.21	3.91	3.75
1966	5.99	6.73	6.08	5.99	6.27
1967	9.75	8.89	9.75	9.75	9.46
1968	11.76	10.6	10.85	11.76	11.07
1969	14.78	13.14	13.13	14.78	13.68
1970	17.15	15.17	15.11	17.15	15.81
1971	22.35	18.34	23.87	20.74	20.98
1972	30.86	22.42	31.9	29.25	27.86
1973	35.16	25.18	34.59	33.55	31.11
1974	36.79	27.18	36.2	35.27	32.88
1975	39.29	29.2	39.86	38.14	35.73
1976	41.64	30.77	42.67	40.42	37.95
1977	44.86	32.77	46.07	43.66	40.83
1978	46.86	34.52	48	45.52	42.68
1979	48.79	36.1	49.11	47.64	44.28
1980	50.57	37.46	50.36	49.66	45.83
1981	55.64	39.42	53.73	54.6	49.25

1982	57.73	40.9	54.87	56.71	50.83
1983	72.89	51.61	73.07	70.43	65.04
1984	77.48	53.59	83.73	73.23	70.18
1985	80.55	56.13	88.96	76.3	73.80
1986	83.23	58.24	94.88	79.33	77.48
1987	86.2	60.07	107.58	81.95	83.20
1988	88.66	61.76	113.76	86.14	87.22
1989	91.26	63.6	120.2	88.74	90.85
1990	93.42	65.26	126.22	91.16	94.21
1991	95.52	66.66	138.7	93.33	99.56
1992	98.58	69.78	146.75	96.63	104.39
1993	104	71.92	156.16	99.29	109.12
1994	108.24	75.08	167.65	102.56	115.10
1995	111.18	78.27	176.1	105.39	119.92
1996	113.98	80.02	182.53	108	123.52
1997	117.33	82.08	194.85	111.1	129.34
1998	131.03	90.3	209.72	124.8	141.61
1999	134.49	93.3	213.44	128.26	145.00
2000	136.25	95.32	218.47	130.02	147.94
2001	142.19	99.46	220.72	135.96	152.05
2002	153.24	102.63	222.98	147.01	157.54

2003	157.62	105.45	224.33	151.39	160.39
2004	160.07	107.37	225.61	153.84	162.27
2005	162.42	109.41	226.65	156.19	164.08
2006	166.65	112.71	228.62	160.42	167.25
2007	169.84	115.06	232.31	163.61	170.33
2008	174.69	118.16	239.47	168.46	175.36
2009	177.66	120.36	246.85	171.43	179.55
2010	183.05	124.25	254.57	176.82	185.21
2011	186.44	126.59	260.9	180.21	189.23
2012	192.01	130.67	269.34	185.78	195.26
2013	195.42	133.18	276.94	189.19	199.77
2014	197.83	135	284.72	191.6	203.77
2015	201.72	137.82	290.79	195.49	208.03
2016	208.42	142.49	300.31	202.49	215.10
2017	220.87	151.73	318.68	214.94	228.45

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.9: Análisis de Doble Masa de la Estación Pucalá



Fuente: Elaboración Propia

El en el gráfico N° IV.9, se puede observar el registro de datos de la estación en estudio no presenta una buena consistencia de datos, debido a que desde el año de 1965-1982 se puede observar un registro de datos que tiene una pendiente m1, desde el año de 1983-1997 existe un registro de datos con una pendiente m2 y desde el año de 1998-2017 se puede observar un registro de datos con una pendiente m3. En la siguiente tabla se muestran los datos para el cálculo de las pendientes a partir de las cuales se realizará una corrección para obtener una mejor consistencia del registro de datos de la estación en estudio.

Tabla N° IV.25: Pendientes del Análisis de Doble Masa Estación Pucalá

AÑO	ESTACIÓN PUCALÁ (A)	PROMEDIO (B, C, D)	PENDIENTE
1965	3.91	3.75	m1
1982	57.73	50.83	
1983	72.89	65.04	m2
1997	117.33	129.34	
1998	131.03	141.61	m3
2017	220.87	228.45	

Fuente: Elaboración Propia

El procedimiento para el cálculo de las pendientes es el siguiente:

$$m1 = \frac{(57.73 - 3.91)}{(50.83 - 3.75)} = 1.143$$

$$m2 = \frac{(117.33 - 72.89)}{(129.34 - 65.04)} = 0.691$$

$$m3 = \frac{(220.87 - 131.03)}{(228.45 - 141.61)} = 1.035$$

Para realizar la corrección de datos y obtener una mejor consistencia en el registro de datos de la estación en estudio, se ajustará al registro de datos más recientes que será la pendiente m_3 , que son los datos del año 1998-2017. El procedimiento es el siguiente:

$$\frac{m_3}{m_1} = \frac{1.035}{1.143} = 0.905$$

$$\frac{m_3}{m_2} = \frac{1.035}{0.691} = 1.497$$

Con la relación de pendientes obtenidas, se procederá a realizar la consistencia del registro de datos. Para los datos de los años 1965-1982 se les multiplicará por el factor 0.905 y para los datos de los años 1983-1997 se les multiplicará por el factor 1.497. En los siguientes cuadros se muestra el registro de datos corregidos de la estación en estudio.

Tabla N° IV.26: Precipitación Máxima Anual Corregida de la Estación Pucalá en 24h (mm)

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL (mm)				
	ESTACIÓN PUCALÁ (A)	ESTACIÓN LAMBAYEQUE (B)	ESTACIÓN CAYALTI (C)	ESTACIÓN FERREÑAFE (D)	PROMEDIO (B, C, D)
1965	3.54	4.14	3.21	3.91	3.75
1966	1.88	2.59	2.87	2.08	2.51
1967	3.40	2.16	3.67	3.76	3.20
1968	1.82	1.71	1.1	2.01	1.61
1969	2.73	2.54	2.28	3.02	2.61
1970	2.14	2.03	1.98	2.37	2.13
1971	4.71	3.17	8.76	3.59	5.17
1972	7.70	4.08	8.03	8.51	6.87
1973	3.89	2.76	2.69	4.3	3.25
1974	1.47	2	1.61	1.72	1.78
1975	2.26	2.02	3.66	2.87	2.85
1976	2.13	1.57	2.81	2.28	2.22
1977	2.91	2	3.4	3.24	2.88
1978	1.81	1.75	1.93	1.86	1.85
1979	1.75	1.58	1.11	2.12	1.60

1980	1.61	1.36	1.25	2.02	1.54
1981	4.59	1.96	3.37	4.94	3.42
1982	1.89	1.48	1.14	2.11	1.58
1983	22.69	10.71	18.2	13.72	14.21
1984	6.87	1.98	10.66	2.8	5.15
1985	4.60	2.54	5.23	3.07	3.61
1986	4.01	2.11	5.92	3.03	3.69
1987	4.45	1.83	12.7	2.62	5.72
1988	3.68	1.69	6.18	4.19	4.02
1989	3.89	1.84	6.44	2.6	3.63
1990	3.23	1.66	6.02	2.42	3.37
1991	3.14	1.4	12.48	2.17	5.35
1992	4.58	3.12	8.05	3.3	4.82
1993	8.11	2.14	9.41	2.66	4.74
1994	6.35	3.16	11.49	3.27	5.97
1995	4.40	3.19	8.45	2.83	4.82
1996	4.19	1.75	6.43	2.61	3.60
1997	5.01	2.06	12.32	3.1	5.83
1998	13.70	8.22	14.87	13.7	12.26
1999	3.46	3	3.72	3.46	3.39
2000	1.76	2.02	5.03	1.76	2.94

2001	5.94	4.14	2.25	5.94	4.11
2002	11.05	3.17	2.26	11.05	5.49
2003	4.38	2.82	1.35	4.38	2.85
2004	2.45	1.92	1.28	2.45	1.88
2005	2.35	2.04	1.04	2.35	1.81
2006	4.23	3.3	1.97	4.23	3.17
2007	3.19	2.35	3.69	3.19	3.08
2008	4.85	3.1	7.16	4.85	5.04
2009	2.97	2.2	7.38	2.97	4.18
2010	5.39	3.89	7.72	5.39	5.67
2011	3.39	2.34	6.33	3.39	4.02
2012	5.57	4.08	8.44	5.57	6.03
2013	3.41	2.51	7.6	3.41	4.51
2014	2.41	1.82	7.78	2.41	4.00
2015	3.89	2.82	6.07	3.89	4.26
2016	6.7	4.67	9.52	7	7.06
2017	12.45	9.24	18.37	12.45	13.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.27: Precipitación Máxima Anual Acumulada Corregida de la Estación Pucalá en 24h (mm)

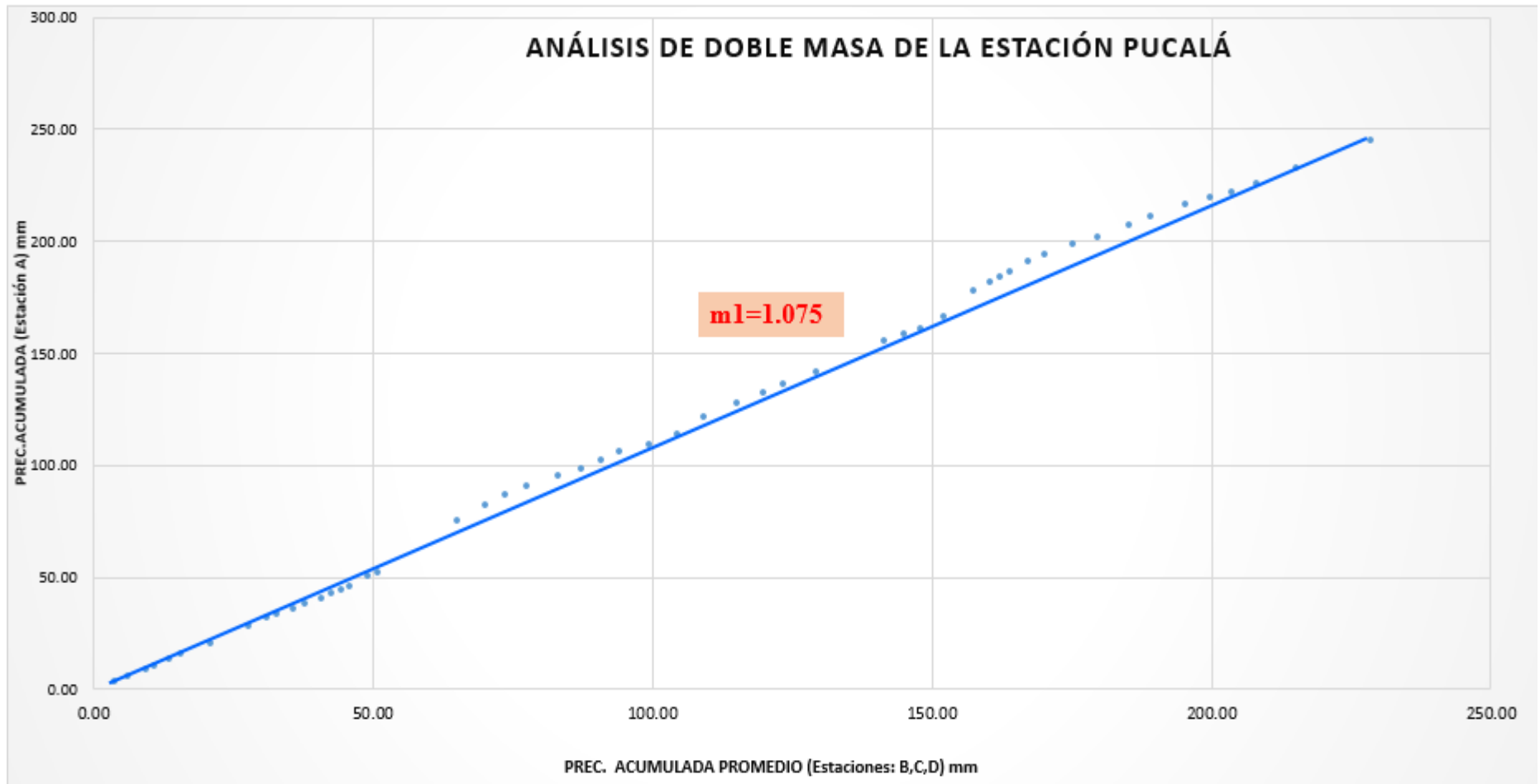
PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL ACUMULADA (mm)					
AÑO	ESTACIÓN PUCALÁ (A)	ESTACIÓN LAMBAYEQUE (B)	ESTACIÓN CAYALTI (C)	ESTACIÓN FERREÑAFE (D)	PROMEDIO (B, C, D)
1965	3.54	4.14	3.21	3.91	3.75
1966	5.42	6.73	6.08	5.99	6.27
1967	8.82	8.89	9.75	9.75	9.46
1968	10.64	10.6	10.85	11.76	11.07
1969	13.37	13.14	13.13	14.78	13.68
1970	15.52	15.17	15.11	17.15	15.81
1971	20.22	18.34	23.87	20.74	20.98
1972	27.92	22.42	31.9	29.25	27.86
1973	31.81	25.18	34.59	33.55	31.11
1974	33.29	27.18	36.2	35.27	32.88
1975	35.55	29.2	39.86	38.14	35.73
1976	37.68	30.77	42.67	40.42	37.95
1977	40.59	32.77	46.07	43.66	40.83
1978	42.40	34.52	48	45.52	42.68
1979	44.15	36.1	49.11	47.64	44.28
1980	45.76	37.46	50.36	49.66	45.83
1981	50.34	39.42	53.73	54.6	49.25

1982	52.24	40.9	54.87	56.71	50.83
1983	74.93	51.61	73.07	70.43	65.04
1984	81.80	53.59	83.73	73.23	70.18
1985	86.40	56.13	88.96	76.3	73.80
1986	90.41	58.24	94.88	79.33	77.48
1987	94.85	60.07	107.58	81.95	83.20
1988	98.54	61.76	113.76	86.14	87.22
1989	102.43	63.6	120.2	88.74	90.85
1990	105.66	65.26	126.22	91.16	94.21
1991	108.81	66.66	138.7	93.33	99.56
1992	113.39	69.78	146.75	96.63	104.39
1993	121.50	71.92	156.16	99.29	109.12
1994	127.85	75.08	167.65	102.56	115.10
1995	132.25	78.27	176.1	105.39	119.92
1996	136.44	80.02	182.53	108	123.52
1997	141.46	82.08	194.85	111.1	129.34
1998	155.16	90.3	209.72	124.8	141.61
1999	158.62	93.3	213.44	128.26	145.00
2000	160.38	95.32	218.47	130.02	147.94
2001	166.32	99.46	220.72	135.96	152.05
2002	177.37	102.63	222.98	147.01	157.54

2003	181.75	105.45	224.33	151.39	160.39
2004	184.20	107.37	225.61	153.84	162.27
2005	186.55	109.41	226.65	156.19	164.08
2006	190.78	112.71	228.62	160.42	167.25
2007	193.97	115.06	232.31	163.61	170.33
2008	198.82	118.16	239.47	168.46	175.36
2009	201.79	120.36	246.85	171.43	179.55
2010	207.18	124.25	254.57	176.82	185.21
2011	210.57	126.59	260.9	180.21	189.23
2012	216.14	130.67	269.34	185.78	195.26
2013	219.55	133.18	276.94	189.19	199.77
2014	221.96	135	284.72	191.6	203.77
2015	225.85	137.82	290.79	195.49	208.03
2016	232.55	142.49	300.31	202.49	215.10
2017	245.00	151.73	318.68	214.94	228.45

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.10: Análisis de Doble Masa de la Estación Pucalá



Fuente: Elaboración Propia

Con los datos corregidos se concluye que de acuerdo a la gráfica de la figura N° IV.10, que se tiene una mejor consistencia del registro de datos de la estación en estudio, por lo que solo existe una sola pendiente m1 para todos los datos desde el año 1965-2017.

4.5.3. Periodo de Retorno

“Para optar por un periodo de retorno a utilizar en el diseño de cualquier obra, es necesario considerar la relación que existe entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, el cual depende de factores económicos, sociales, técnicos, etc.” [10]

Para el desarrollo de este proyecto se ha tenido en cuenta algunos criterios necesarios que da conocer la Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano, la cual menciona lo siguiente:

“Un sistema menor de drenaje debe diseñarse para un periodo de retorno entre 2 y 10 años y el sistema mayor de drenaje deberá ser diseñado para el periodo de retorno de 25 años”. [10]

Para el presente proyecto se tiene un sistema de drenaje menor, por lo tanto, se tomará un periodo de retorno de 10 años.

4.5.4. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

“El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones” [10]:

Distribuciones:

- Normal

-Log Normal 2 parámetros

-Log Normal 3 parámetros

- Gamma 2 parámetros

- Gamma 3 parámetros

- Log Pearson tipo III

-Gumbel

- Log Gumbel

4.5.5. Pruebas de Bondad de Ajuste

Son hipótesis que se emplean para poder estimar cual es la distribución que mejor se ajusta al conjunto de datos en estudio.

Prueba Kolmogorov – Smirnov

“Es un método que verifica el ajuste que presentan cada una de las distribuciones, con la finalidad de elección de la más representativa, es decir la que presenta un mejor ajuste. Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$ ” [10]:

$$D = \text{máx}|F_o(x_m) - F(x_m)|$$

“Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como” [10]:

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

Donde:

m = número de orden de dato en una lista de mayor a menor

n = número total de datos.

Tabla N° IV.28: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov

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

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC)

4.5.6. Distribuciones

Para cada una de las distribuciones que se muestran a continuación, se realizará la prueba de Kolmogorov – Smirnov.

Tabla N° IV.29: Distribución Normal

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.019	0.191	0.132	0.172
2	1.61	0.037	0.201	0.143	0.164
3	1.75	0.056	0.212	0.154	0.157
4	1.76	0.074	0.213	0.155	0.139
5	1.81	0.093	0.217	0.159	0.125
6	1.82	0.111	0.218	0.160	0.107
7	1.88	0.130	0.223	0.165	0.094
8	1.89	0.148	0.224	0.166	0.076
9	2.13	0.167	0.244	0.188	0.077
10	2.14	0.185	0.246	0.190	0.060
11	2.26	0.204	0.256	0.201	0.052
12	2.35	0.222	0.264	0.210	0.042
13	2.41	0.241	0.269	0.216	0.029
14	2.45	0.259	0.273	0.220	0.014
15	2.73	0.278	0.300	0.251	0.022
16	2.91	0.296	0.318	0.272	0.021
17	2.97	0.315	0.323	0.279	0.008
18	3.14	0.333	0.341	0.300	0.007
19	3.19	0.352	0.345	0.306	0.007
20	3.23	0.370	0.350	0.311	0.021
21	3.39	0.389	0.366	0.331	0.023
22	3.40	0.407	0.367	0.332	0.040
23	3.41	0.426	0.368	0.333	0.058
24	3.46	0.444	0.373	0.340	0.071
25	3.54	0.463	0.382	0.350	0.081
26	3.68	0.482	0.397	0.369	0.085
27	3.89	0.500	0.419	0.397	0.081
28	3.89	0.519	0.419	0.398	0.099
29	3.89	0.537	0.420	0.398	0.117
30	4.01	0.556	0.433	0.414	0.123
31	4.19	0.574	0.452	0.439	0.122

32	4.23	0.593	0.457	0.445	0.136
33	4.38	0.611	0.473	0.466	0.138
34	4.40	0.630	0.476	0.469	0.154
35	4.45	0.648	0.480	0.475	0.168
36	4.58	0.667	0.495	0.494	0.171
37	4.59	0.685	0.496	0.495	0.189
38	4.60	0.704	0.497	0.496	0.207
39	4.71	0.722	0.509	0.512	0.213
40	4.85	0.741	0.525	0.532	0.216
41	5.01	0.759	0.543	0.555	0.216
42	5.39	0.778	0.584	0.607	0.193
43	5.57	0.796	0.604	0.632	0.193
44	5.94	0.815	0.643	0.680	0.172
45	6.35	0.833	0.684	0.730	0.149
46	6.70	0.852	0.718	0.770	0.134
47	6.87	0.870	0.734	0.788	0.136
48	7.70	0.889	0.804	0.863	0.085
49	8.11	0.907	0.834	0.892	0.073
50	11.05	0.926	0.963	0.989	0.037
51	12.45	0.944	0.985	0.997	0.041
52	13.70	0.963	0.994	0.999	0.031
53	22.69	0.982	1.000	1.000	0.019

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) = 0.216

Tabla N° IV.30: Distribución Log Normal de 2 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.475	0.0185	0.0476	0.0449	0.0291
2	1.611	0.037	0.0649	0.0618	0.0278
3	1.746	0.0556	0.0847	0.0813	0.0292
4	1.760	0.0741	0.0869	0.0834	0.0128
5	1.810	0.0926	0.0948	0.0912	0.0022
6	1.819	0.1111	0.0963	0.0926	0.0148
7	1.882	0.1296	0.1069	0.1031	0.0228
8	1.891	0.1481	0.1084	0.1047	0.0397
9	2.126	0.1667	0.1514	0.1474	0.0153
10	2.144	0.1852	0.1549	0.1509	0.0303
11	2.262	0.2037	0.1781	0.1742	0.0256
12	2.350	0.2222	0.196	0.1921	0.0262
13	2.410	0.2407	0.2084	0.2045	0.0324
14	2.450	0.2593	0.2167	0.2129	0.0426
15	2.733	0.2778	0.2766	0.2733	0.0012
16	2.914	0.2963	0.3152	0.3124	0.0189
17	2.970	0.3148	0.3272	0.3245	0.0124
18	3.144	0.3333	0.3637	0.3616	0.0304
19	3.190	0.3519	0.3733	0.3713	0.0215
20	3.234	0.3704	0.3823	0.3804	0.0119
21	3.390	0.3889	0.4141	0.4127	0.0252
22	3.402	0.4074	0.4166	0.4152	0.0091
23	3.410	0.4259	0.4181	0.4168	0.0078
24	3.460	0.4444	0.4281	0.4269	0.0164
25	3.538	0.463	0.4433	0.4424	0.0196
26	3.683	0.4815	0.4711	0.4706	0.0104
27	3.890	0.5	0.5092	0.5093	0.0092
28	3.891	0.5185	0.5093	0.5095	0.0092
29	3.892	0.537	0.5096	0.5097	0.0275
30	4.012	0.5556	0.5306	0.5311	0.0249
31	4.192	0.5741	0.5609	0.5619	0.0132

32	4.230	0.5926	0.5672	0.5683	0.0254
33	4.380	0.6111	0.5909	0.5924	0.0202
34	4.401	0.6296	0.5942	0.5957	0.0354
35	4.446	0.6481	0.601	0.6027	0.0471
36	4.581	0.6667	0.621	0.6229	0.0457
37	4.588	0.6852	0.622	0.6239	0.0632
38	4.596	0.7037	0.6232	0.6251	0.0805
39	4.705	0.7222	0.6386	0.6408	0.0836
40	4.850	0.7407	0.6583	0.6607	0.0825
41	5.015	0.7593	0.6794	0.6822	0.0798
42	5.390	0.7778	0.723	0.7263	0.0547
43	5.570	0.7963	0.7419	0.7453	0.0544
44	5.940	0.8148	0.7768	0.7805	0.038
45	6.347	0.8333	0.8098	0.8137	0.0236
46	6.700	0.8519	0.8343	0.8383	0.0175
47	6.871	0.8704	0.845	0.849	0.0253
48	7.700	0.8889	0.8876	0.8914	0.0013
49	8.114	0.9074	0.9041	0.9077	0.0033
50	11.050	0.9259	0.9674	0.9696	0.0415
51	12.450	0.9444	0.9799	0.9815	0.0355
52	13.700	0.963	0.9868	0.988	0.0238
53	22.694	0.9815	0.999	0.9992	0.0175

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) =0.084

Tabla N° IV.31: Distribución Log Normal de 3 Parámetros

m	X	P(X)	(Z)	F(Z)	Delta
1	1.47	0.019	-2.280	0.011	0.007
2	1.61	0.037	-1.898	0.029	0.008
3	1.75	0.056	-1.610	0.054	0.002
4	1.76	0.074	-1.585	0.057	0.018
5	1.81	0.093	-1.496	0.067	0.025
6	1.82	0.111	-1.481	0.069	0.042
7	1.88	0.130	-1.379	0.084	0.046
8	1.89	0.148	-1.365	0.086	0.062
9	2.13	0.167	-1.050	0.147	0.020
10	2.14	0.185	-1.029	0.152	0.033
11	2.26	0.204	-0.901	0.184	0.020
12	2.35	0.222	-0.813	0.208	0.014
13	2.41	0.241	-0.757	0.225	0.016
14	2.45	0.259	-0.721	0.236	0.024
15	2.73	0.278	-0.493	0.311	0.033
16	2.91	0.296	-0.367	0.357	0.060
17	2.97	0.315	-0.331	0.371	0.056
18	3.14	0.333	-0.225	0.411	0.078
19	3.19	0.352	-0.198	0.422	0.070
20	3.23	0.370	-0.173	0.431	0.061
21	3.39	0.389	-0.089	0.465	0.076
22	3.40	0.407	-0.082	0.467	0.060
23	3.41	0.426	-0.078	0.469	0.043
24	3.46	0.444	-0.053	0.479	0.035
25	3.54	0.463	-0.014	0.494	0.031
26	3.68	0.482	0.055	0.522	0.040
27	3.89	0.500	0.147	0.558	0.058
28	3.89	0.519	0.147	0.558	0.040
29	3.89	0.537	0.148	0.559	0.022
30	4.01	0.556	0.198	0.578	0.023
31	4.19	0.574	0.269	0.606	0.032

32	4.23	0.593	0.283	0.612	0.019
33	4.38	0.611	0.339	0.633	0.022
34	4.40	0.630	0.347	0.636	0.006
35	4.45	0.648	0.363	0.642	0.007
36	4.58	0.667	0.410	0.659	0.008
37	4.59	0.685	0.412	0.660	0.025
38	4.60	0.704	0.415	0.661	0.043
39	4.71	0.722	0.452	0.674	0.048
40	4.85	0.741	0.498	0.691	0.050
41	5.01	0.759	0.549	0.709	0.051
42	5.39	0.778	0.658	0.745	0.033
43	5.57	0.796	0.707	0.760	0.036
44	5.94	0.815	0.801	0.789	0.026
45	6.35	0.833	0.897	0.815	0.018
46	6.70	0.852	0.975	0.835	0.017
47	6.87	0.870	1.010	0.844	0.027
48	7.70	0.889	1.169	0.879	0.010
49	8.11	0.907	1.242	0.893	0.015
50	11.05	0.926	1.656	0.951	0.025
51	12.45	0.944	1.812	0.965	0.021
52	13.70	0.963	1.936	0.974	0.011
53	22.69	0.982	2.574	0.995	0.014

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) =0.078

Tabla N° IV.32: Distribución Gamma de 2 Parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.019	0.080	0.245	0.061
2	1.61	0.037	0.096	0.266	0.059
3	1.75	0.056	0.115	0.287	0.059
4	1.76	0.074	0.116	0.289	0.042
5	1.81	0.093	0.123	0.297	0.031
6	1.82	0.111	0.125	0.298	0.014
7	1.88	0.130	0.134	0.308	0.004
8	1.89	0.148	0.135	0.309	0.013
9	2.13	0.167	0.171	0.343	0.004
10	2.14	0.185	0.174	0.346	0.012
11	2.26	0.204	0.192	0.362	0.011
12	2.35	0.222	0.207	0.375	0.016
13	2.41	0.241	0.217	0.383	0.024
14	2.45	0.259	0.223	0.388	0.036
15	2.73	0.278	0.271	0.425	0.007
16	2.91	0.296	0.302	0.448	0.006
17	2.97	0.315	0.312	0.454	0.003
18	3.14	0.333	0.342	0.475	0.009
19	3.19	0.352	0.350	0.480	0.002
20	3.23	0.370	0.358	0.486	0.013
21	3.39	0.389	0.384	0.503	0.005
22	3.40	0.407	0.386	0.505	0.021
23	3.41	0.426	0.388	0.505	0.038
24	3.46	0.444	0.396	0.511	0.048
25	3.54	0.463	0.409	0.519	0.054
26	3.68	0.482	0.434	0.535	0.048
27	3.89	0.500	0.468	0.556	0.033
28	3.89	0.519	0.468	0.556	0.051
29	3.89	0.537	0.468	0.556	0.069
30	4.01	0.556	0.487	0.568	0.069
31	4.19	0.574	0.515	0.585	0.059

32	4.23	0.593	0.521	0.589	0.072
33	4.38	0.611	0.544	0.603	0.068
34	4.40	0.630	0.547	0.605	0.083
35	4.45	0.648	0.553	0.609	0.095
36	4.58	0.667	0.573	0.620	0.094
37	4.59	0.685	0.574	0.621	0.111
38	4.60	0.704	0.575	0.622	0.129
39	4.71	0.722	0.590	0.631	0.132
40	4.85	0.741	0.610	0.643	0.131
41	5.01	0.759	0.632	0.656	0.127
42	5.39	0.778	0.678	0.685	0.100
43	5.57	0.796	0.699	0.697	0.098
44	5.94	0.815	0.738	0.722	0.077
45	6.35	0.833	0.776	0.747	0.057
46	6.70	0.852	0.805	0.767	0.047
47	6.87	0.870	0.818	0.776	0.052
48	7.70	0.889	0.871	0.816	0.018
49	8.11	0.907	0.892	0.833	0.016
50	11.05	0.926	0.971	0.916	0.046
51	12.45	0.944	0.985	0.940	0.041
52	13.70	0.963	0.992	0.955	0.029
53	22.69	0.982	1.000	0.995	0.018

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) = 0.132

Tabla N° IV.33: Distribución Gamma de 3 Parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.02	0.00	0.00	0.02
2	1.61	0.04	0.00	0.00	0.04
3	1.75	0.06	0.00	0.00	0.06
4	1.76	0.07	0.00	0.00	0.07
5	1.81	0.09	0.00	0.00	0.09
6	1.82	0.11	0.00	0.00	0.11
7	1.88	0.13	0.00	0.00	0.13
8	1.89	0.15	0.00	0.00	0.15
9	2.13	0.17	0.00	0.00	0.17
10	2.14	0.19	0.00	0.00	0.19
11	2.26	0.20	0.00	0.00	0.20
12	2.35	0.22	0.00	0.00	0.22
13	2.41	0.24	0.00	0.00	0.24
14	2.45	0.26	0.00	0.00	0.26
15	2.73	0.28	0.00	0.00	0.28
16	2.91	0.30	0.00	0.00	0.30
17	2.97	0.31	0.00	0.00	0.31
18	3.14	0.33	0.00	0.00	0.33
19	3.19	0.35	0.00	0.00	0.35
20	3.23	0.37	0.00	0.00	0.37
21	3.39	0.39	0.00	0.00	0.39
22	3.40	0.41	0.00	0.00	0.41
23	3.41	0.43	0.00	0.00	0.43
24	3.46	0.44	0.00	0.00	0.44
25	3.54	0.46	0.00	0.00	0.46
26	3.68	0.48	0.00	0.00	0.48
27	3.89	0.50	0.00	0.00	0.50
28	3.89	0.52	0.00	0.00	0.52
29	3.89	0.54	0.00	0.00	0.54
30	4.01	0.56	0.00	0.00	0.56
31	4.19	0.57	0.00	0.00	0.57

32	4.23	0.59	0.00	0.00	0.59
33	4.38	0.61	0.00	0.00	0.61
34	4.40	0.63	0.00	0.00	0.63
35	4.45	0.65	0.00	0.00	0.65
36	4.58	0.67	0.00	0.00	0.67
37	4.59	0.69	0.00	0.00	0.69
38	4.60	0.70	0.00	0.00	0.70
39	4.71	0.72	0.00	0.00	0.72
40	4.85	0.74	0.00	0.00	0.74
41	5.01	0.76	0.00	0.00	0.76
42	5.39	0.78	0.00	0.00	0.78
43	5.57	0.80	0.00	0.00	0.80
44	5.94	0.81	0.00	0.00	0.81
45	6.35	0.83	0.00	0.00	0.83
46	6.70	0.85	0.00	0.00	0.85
47	6.87	0.87	0.00	0.00	0.87
48	7.70	0.89	0.00	0.00	0.89
49	8.11	0.91	0.00	0.00	0.91
50	11.05	0.93	0.00	0.00	0.93
51	12.45	0.94	0.00	0.00	0.94
52	13.70	0.96	0.00	0.00	0.96
53	22.69	0.98	0.00	0.00	0.98

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Los parámetros: X_0 (De posición), Y (De forma) y β (De escala) calculados son incorrectos, por lo que se descarta esta distribución.

Tabla N° IV.34: Distribución Log de Pearson Tipo III

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.019	0.018	0.022	0.001
2	1.61	0.037	0.034	0.039	0.003
3	1.75	0.056	0.057	0.061	0.001
4	1.76	0.074	0.059	0.064	0.015
5	1.81	0.093	0.069	0.073	0.024
6	1.82	0.111	0.070	0.075	0.041
7	1.88	0.130	0.084	0.087	0.046
8	1.89	0.148	0.086	0.089	0.063
9	2.13	0.167	0.142	0.143	0.025
10	2.14	0.185	0.146	0.147	0.039
11	2.26	0.204	0.177	0.177	0.027
12	2.35	0.222	0.200	0.199	0.022
13	2.41	0.241	0.216	0.215	0.024
14	2.45	0.259	0.227	0.225	0.032
15	2.73	0.278	0.303	0.298	0.025
16	2.91	0.296	0.349	0.344	0.053
17	2.97	0.315	0.363	0.358	0.048
18	3.14	0.333	0.405	0.399	0.072
19	3.19	0.352	0.416	0.410	0.064
20	3.23	0.370	0.426	0.420	0.056
21	3.39	0.389	0.461	0.454	0.072
22	3.40	0.407	0.463	0.457	0.056
23	3.41	0.426	0.465	0.458	0.039
24	3.46	0.444	0.476	0.469	0.031
25	3.54	0.463	0.492	0.485	0.029
26	3.68	0.482	0.520	0.513	0.039
27	3.89	0.500	0.558	0.552	0.058
28	3.89	0.519	0.558	0.552	0.040
29	3.89	0.537	0.559	0.552	0.021
30	4.01	0.556	0.579	0.573	0.023
31	4.19	0.574	0.608	0.602	0.034

32	4.23	0.593	0.614	0.608	0.021
33	4.38	0.611	0.635	0.630	0.024
34	4.40	0.630	0.638	0.633	0.009
35	4.45	0.648	0.645	0.639	0.004
36	4.58	0.667	0.663	0.657	0.004
37	4.59	0.685	0.663	0.658	0.022
38	4.60	0.704	0.665	0.659	0.039
39	4.71	0.722	0.678	0.673	0.044
40	4.85	0.741	0.695	0.691	0.046
41	5.01	0.759	0.713	0.709	0.046
42	5.39	0.778	0.750	0.747	0.028
43	5.57	0.796	0.766	0.763	0.031
44	5.94	0.815	0.794	0.792	0.021
45	6.35	0.833	0.821	0.820	0.013
46	6.70	0.852	0.840	0.840	0.012
47	6.87	0.870	0.849	0.848	0.022
48	7.70	0.889	0.883	0.884	0.006
49	8.11	0.907	0.896	0.897	0.011
50	11.05	0.926	0.951	0.953	0.025
51	12.45	0.944	0.964	0.966	0.020
52	13.70	0.963	0.972	0.974	0.009
53	22.69	0.982	0.993	0.995	0.012

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) =0.072

Tabla N° IV.35: Distribución de Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.019	0.178	0.109	0.160
2	1.61	0.037	0.194	0.124	0.157
3	1.75	0.056	0.209	0.140	0.154
4	1.76	0.074	0.211	0.141	0.137
5	1.81	0.093	0.217	0.147	0.124
6	1.82	0.111	0.218	0.149	0.107
7	1.88	0.130	0.225	0.156	0.096
8	1.89	0.148	0.226	0.158	0.078
9	2.13	0.167	0.255	0.189	0.088
10	2.14	0.185	0.257	0.191	0.072
11	2.26	0.204	0.272	0.208	0.068
12	2.35	0.222	0.283	0.220	0.061
13	2.41	0.241	0.291	0.229	0.050
14	2.45	0.259	0.296	0.235	0.037
15	2.73	0.278	0.333	0.278	0.055
16	2.91	0.296	0.356	0.306	0.060
17	2.97	0.315	0.364	0.315	0.049
18	3.14	0.333	0.386	0.343	0.053
19	3.19	0.352	0.392	0.350	0.041
20	3.23	0.370	0.398	0.357	0.028
21	3.39	0.389	0.419	0.382	0.030
22	3.40	0.407	0.420	0.384	0.013
23	3.41	0.426	0.421	0.386	0.005
24	3.46	0.444	0.428	0.394	0.017
25	3.54	0.463	0.438	0.406	0.025
26	3.68	0.482	0.456	0.429	0.025
27	3.89	0.500	0.482	0.462	0.018
28	3.89	0.519	0.483	0.462	0.036
29	3.89	0.537	0.483	0.462	0.054
30	4.01	0.556	0.498	0.481	0.058
31	4.19	0.574	0.520	0.508	0.055

32	4.23	0.593	0.524	0.514	0.068
33	4.38	0.611	0.542	0.536	0.069
34	4.40	0.630	0.545	0.539	0.085
35	4.45	0.648	0.550	0.545	0.098
36	4.58	0.667	0.566	0.565	0.101
37	4.59	0.685	0.566	0.566	0.119
38	4.60	0.704	0.567	0.567	0.136
39	4.71	0.722	0.580	0.582	0.143
40	4.85	0.741	0.596	0.601	0.145
41	5.01	0.759	0.614	0.623	0.146
42	5.39	0.778	0.652	0.669	0.125
43	5.57	0.796	0.670	0.690	0.126
44	5.94	0.815	0.704	0.729	0.111
45	6.35	0.833	0.738	0.768	0.095
46	6.70	0.852	0.765	0.797	0.087
47	6.87	0.870	0.777	0.810	0.093
48	7.70	0.889	0.829	0.864	0.060
49	8.11	0.907	0.851	0.885	0.057
50	11.05	0.926	0.945	0.967	0.019
51	12.45	0.944	0.966	0.982	0.022
52	13.70	0.963	0.978	0.989	0.015
53	22.69	0.982	0.999	1.000	0.018

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) = 0.160

Tabla N° IV.36: Distribución Log de Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.47	0.019	0.009	0.011	0.010
2	1.61	0.037	0.020	0.024	0.017
3	1.75	0.056	0.038	0.044	0.018
4	1.76	0.074	0.040	0.046	0.034
5	1.81	0.093	0.049	0.056	0.044
6	1.82	0.111	0.051	0.057	0.061
7	1.88	0.130	0.063	0.070	0.067
8	1.89	0.148	0.065	0.072	0.083
9	2.13	0.167	0.122	0.131	0.045
10	2.14	0.185	0.127	0.136	0.059
11	2.26	0.204	0.160	0.169	0.044
12	2.35	0.222	0.186	0.195	0.037
13	2.41	0.241	0.204	0.213	0.037
14	2.45	0.259	0.216	0.225	0.044
15	2.73	0.278	0.301	0.308	0.023
16	2.91	0.296	0.353	0.359	0.057
17	2.97	0.315	0.369	0.375	0.054
18	3.14	0.333	0.416	0.420	0.082
19	3.19	0.352	0.428	0.432	0.076
20	3.23	0.370	0.439	0.442	0.068
21	3.39	0.389	0.476	0.479	0.088
22	3.40	0.407	0.479	0.482	0.072
23	3.41	0.426	0.481	0.483	0.055
24	3.46	0.444	0.492	0.495	0.048
25	3.54	0.463	0.510	0.511	0.047
26	3.68	0.482	0.540	0.541	0.059
27	3.89	0.500	0.580	0.580	0.080
28	3.89	0.519	0.580	0.580	0.061
29	3.89	0.537	0.580	0.580	0.043
30	4.01	0.556	0.601	0.600	0.046
31	4.19	0.574	0.631	0.629	0.056

32	4.23	0.593	0.636	0.635	0.044
33	4.38	0.611	0.658	0.656	0.047
34	4.40	0.630	0.661	0.659	0.032
35	4.45	0.648	0.667	0.665	0.019
36	4.58	0.667	0.685	0.682	0.018
37	4.59	0.685	0.686	0.683	0.001
38	4.60	0.704	0.687	0.684	0.017
39	4.71	0.722	0.700	0.697	0.022
40	4.85	0.741	0.717	0.714	0.024
41	5.01	0.759	0.734	0.731	0.025
42	5.39	0.778	0.769	0.765	0.009
43	5.57	0.796	0.783	0.779	0.013
44	5.94	0.815	0.809	0.805	0.005
45	6.35	0.833	0.833	0.829	0.000
46	6.70	0.852	0.851	0.846	0.001
47	6.87	0.870	0.858	0.854	0.012
48	7.70	0.889	0.888	0.884	0.001
49	8.11	0.907	0.900	0.896	0.007
50	11.05	0.926	0.949	0.945	0.023
51	12.45	0.944	0.960	0.958	0.016
52	13.70	0.963	0.968	0.966	0.005
53	22.69	0.982	0.990	0.988	0.008

Fuente: Elaboración Propia (HIDROESTRA 2)

Delta ($\Delta_{\text{máx}}$) =0.088

Tabla N° IV.37: Resumen de Deltas teóricos máximos y Delta Tabular

DISTRIBUCIÓN	Δ Teórico	Δ Tabular	Resultado
NORMAL	0.216	0.187	No se Ajusta
LOG NORMAL DE 2 PAR	0.084	0.187	Se Ajusta
LOG NORMAL DE 3 PAR	0.078	0.187	Se Ajusta
GAMMA DE 2 PAR	0.132	0.187	Se Ajusta
GAMMA DE 3 PAR	-	0.187	No se Ajusta
LOG PEARSON TIPO III	0.072	0.187	Se Ajusta
GUMBEL	0.160	0.187	Se Ajusta
LOG DE GUMBEL	0.083	0.187	Se Ajusta

Fuente: Elaboración Propia

DISTRIBUCIÓN	PRECIPITACIÓN (T=10 AÑOS)
NORMAL	9.24
LOG NORMAL DE 2 PAR	8
LOG NORMAL DE 3 PAR	8.36
GAMMA DE 2 PAR	8.29
GAMMA DE 3 PAR	---
LOG PEARSON TIPO III	8.25
GUMBEL	9.32
LOG DE GUMBEL	8.11

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del Delta Tabular

Tamaño Muestral	$\alpha = 0.05$
53	Δ Tabular

α : Es el nivel de significancia

n : Número de datos

$$\Delta \text{ Tabular} = \frac{1.36}{\sqrt{n}} = \frac{1.36}{\sqrt{53}} = 0.187$$

Δ Teórico máximo < Δ Tabular
Se Ajusta

Se elige la Distribución de Gumbel, porque es la que más se ajusta al registro de datos en estudio, además es más conservadora en cuanto a precipitación.

4.5.7. Precipitación Máxima: Distribución de Gumbel

Tabla N° IV.38: Precipitación Máxima (Distribución de Gumbel)

N°	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip	x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1965	3.54	3.54	1.177
2	1966	1.88	1.88	7.510
3	1967	3.40	3.40	1.489
4	1968	1.82	1.82	7.862
5	1969	2.73	2.73	3.572
6	1970	2.14	2.14	6.141
7	1971	4.71	4.71	0.007
8	1972	7.70	7.70	9.471
9	1973	3.89	3.89	0.536
10	1974	1.47	1.47	9.908
11	1975	2.26	2.26	5.572

12	1976	2.13	2.13	6.231
13	1977	2.91	2.91	2.921
14	1978	1.81	1.81	7.912
15	1979	1.75	1.75	8.273
16	1980	1.61	1.61	9.072
17	1981	4.59	4.59	0.001
18	1982	1.89	1.89	7.461
19	1983	22.69	22.69	326.583
20	1984	6.87	6.87	5.056
21	1985	4.60	4.60	0.001
22	1986	4.01	4.01	0.373
23	1987	4.45	4.45	0.031
24	1988	3.68	3.68	0.884
25	1989	3.89	3.89	0.534
26	1990	3.23	3.23	1.930
27	1991	3.14	3.14	2.187
28	1992	4.58	4.58	0.002
29	1993	8.11	8.11	12.188
30	1994	6.35	6.35	2.974
31	1995	4.40	4.40	0.049
32	1996	4.19	4.19	0.186
33	1997	5.01	5.01	0.154
34	1998	13.70	13.70	82.400
35	1999	3.46	3.46	1.352
36	2000	1.76	1.76	8.194
37	2001	5.94	5.94	1.736
38	2002	11.05	11.05	41.312
39	2003	4.38	4.38	0.059
40	2004	2.45	2.45	4.720
41	2005	2.35	2.35	5.165
42	2006	4.23	4.23	0.154
43	2007	3.19	3.19	2.052
44	2008	4.85	4.85	0.052

45	2009	2.97	2.97	2.731
46	2010	5.39	5.39	0.589
47	2011	3.39	3.39	1.519
48	2012	5.57	5.57	0.898
49	2013	3.41	3.41	1.470
50	2014	2.41	2.41	4.895
51	2015	3.89	3.89	0.537
52	2016	6.70	6.70	4.316
53	2017	12.45	12.45	61.269
53		Suma	245.0	673.7

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de las variables probabilísticas

✓ Promedio

$$\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n} = \frac{245}{53} = 4.62 \text{ mm}$$

✓ Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((X_i - \bar{X})^2)}{n - 1}} = \sqrt{\frac{673.7}{53 - 1}} = 3.60 \text{ mm}$$

✓ Parámetro de concentración

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 3.60 = 2.81 \text{ mm}$$

$$\mu = \bar{X} - 0.5772 * \alpha = 4.62 - 0.5772 * 2.81 = 3 \text{ mm}$$

Cálculo de Precipitaciones máximas diarias probables

Tabla N° IV.39: Coeficientes de Corrección para Precipitaciones

Relación entre Precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos fijos	
Número de Intervalo de Observación	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Según: “La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda un coeficiente de corrección para aquellos datos de estaciones que se registran una vez al día de 1,13. Para el caso de la estación en estudio, según fuentes del SENAMHI indican que la medición de la precipitación máxima se realiza al finalizar el día, lo cual es considerado como una medición al día”.

Tabla N° IV.40: Precipitaciones máximas probables para distintos periodos de retorno

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precipitación (mm)	Probabilidad de ocurrencia	Precipitación Corregida (mm)
Años	Y	X(mm)	F(x)	X(mm)
2	0.3665	4.0313	0.5627	4.5554
5	1.4999	7.2121	0.8523	8.1497
10	2.2504	9.3181	0.9339	10.5294
25	3.1985	11.9790	0.9768	13.5363
50	3.9019	13.9530	0.9895	15.7669
100	4.6001	15.9125	0.9952	17.9811

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvia

En la tabla N° IV.36 se muestran los resultados de la precipitación máxima diaria para distintos tiempos de retorno y diferentes duraciones de lluvia entre un rango 1 a 24 horas, establecidos en la tabla N° IV.35, los cuales son proporcionados por el MTC.

Tabla N° IV.41: Coeficientes de Duración de lluvia entre 1 y 24 horas

Duraciones (horas)									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.00

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC)

Tabla N° IV.42: Precipitaciones Máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración (horas)	Cociente	Precipitaciones para diferentes tiempos de retorno					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24	X24	4.555	8.150	10.529	13.536	15.767	17.981
18	X18 = 91%	4.100	7.335	9.476	12.183	14.190	16.183
12	X12 = 80%	3.599	6.438	8.318	10.694	12.456	14.205
8	X8 = 68%	2.915	5.216	6.739	8.663	10.091	11.508
6	X6 = 61%	2.551	4.564	5.896	7.580	8.829	10.069
5	X5 = 57%	2.278	4.075	5.265	6.768	7.883	8.991
4	X4 = 52%	2.004	3.586	4.633	5.956	6.937	7.912
3	X3 = 46%	1.731	3.097	4.001	5.144	5.991	6.833
2	X2 = 39%	1.412	2.526	3.264	4.196	4.888	5.574
1	X1 = 30%	1.139	2.037	2.632	3.384	3.942	4.495

Fuente: Elaboración Propia

4.5.8. Intensidad de lluvia

En la tabla N° IV.37 se muestran los resultados de la precipitación máxima, las cuales se calculan a partir de las precipitaciones máximas establecidas en la tabla N° IV.36. La intensidad se da en mm/hr y se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$I_{(t,T)}(\frac{mm}{hr})$: Intensidad de precipitación, de duración t y periodo de retorno T .

$P_{(t,T)}(mm)$: Profundidad de precipitación

$t(hr)$:Tiempo

Tabla N° IV.43: Intensidades Máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno					
horas	minutos	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24	1440	0.1898	0.3396	0.4387	0.5640	0.6570	0.7492
18	1080	0.2278	0.4075	0.5265	0.6768	0.7883	0.8991
12	720	0.2999	0.5365	0.6932	0.8911	1.0380	1.1838
8	480	0.3644	0.6520	0.8424	1.0829	1.2614	1.4385
6	360	0.4252	0.7606	0.9827	1.2634	1.4716	1.6782
5	300	0.4555	0.8150	1.0529	1.3536	1.5767	1.7981
4	240	0.5011	0.8965	1.1582	1.4890	1.7344	1.9779
3	180	0.5770	1.0323	1.3337	1.7146	1.9971	2.2776
2	120	0.7061	1.2632	1.6321	2.0981	2.4439	2.7871
1	60	1.1388	2.0374	2.6324	3.3841	3.9417	4.4953

Fuente: Elaboración Propia

4.5.9. Cálculo de la Ecuación de la Intensidad Máxima

Para determinar esta ecuación se procede a elaborar una serie de regresiones para cada uno de los periodos de retorno (2, 5, 10, 25,50 y 100 años) y así poder calcular los parámetros de ajuste de la ecuación de intensidad máxima. A la ecuación obtenida se procede a comparar con los resultados del programa HIDROESTRA, para verificar el cálculo obtenido mediante la serie de regresiones. En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido luego de realizar las regresiones para cada periodo de retorno y finalmente se presenta la ecuación de la intensidad máxima obtenida.

Tabla N° IV.44: Regresión Potencial

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x) ^2
1	2	9.781	0.693	2.280	1.581	0.480
2	5	17.499	1.609	2.862	4.606	2.590
3	10	22.608	2.303	3.118	7.180	5.302
4	25	29.064	3.219	3.370	10.846	10.361
5	50	33.854	3.912	3.522	13.778	15.304
6	100	38.608	4.605	3.653	16.825	21.208
6	192	151.414	16.341	18.806	54.816	55.245
<i>Ln (K) =</i>	2.2219	<i>K =</i>	9.2247	<i>m =</i>	0.3350	

Fuente: Elaboración Propia

Ecuación de la intensidad máxima calculada

$$I = \frac{9.2247 + 0.3350 * T}{0.5375 t}$$

Introduciendo las intensidades de lluvia de la tabla N° IV.43 mostrada anteriormente, en el programa HIDROESTRA se obtiene la siguiente ecuación, que es la misma ecuación calculada anteriormente con la serie de regresiones.

Figura N° IV.11: Ecuación de Intensidad Máxima

Ecuación de ajuste de Imáx:
Ecuación
$I_{máx} = 9.2247 * T^{(0.3350)} * D^{(-0.5375)}$

Fuente: HIDROESTRA 2

4.5.10. Intensidades Máximas-Tiempo de Duración-Período de Retorno

Se procede a realizar el cálculo, utilizando la ecuación calculada anteriormente, y los resultados finales obtenidos son los siguientes:

Tabla N° IV.45: Intensidades-Tiempo de Duración-Periodo de Retorno

Tabla de intensidades - Tiempo de duración-Periodo de retorno													
Frecuencia	Tiempo Retorno	Duración en minutos											
	años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
50	2	4.90	3.38	2.71	2.33	2.06	1.87	1.72	1.60	1.50	1.42	1.35	1.29
20	5	6.66	4.59	3.69	3.16	2.80	2.54	2.34	2.18	2.04	1.93	1.84	1.75
10	10	8.40	5.79	4.65	3.99	3.54	3.21	2.95	2.75	2.58	2.44	2.31	2.21
4	25	11.42	7.87	6.33	5.42	4.81	4.36	4.01	3.73	3.50	3.31	3.15	3.00
2	50	14.40	9.92	7.98	6.84	6.06	5.50	5.06	4.71	4.42	4.18	3.97	3.79
1	100	18.17	12.52	10.06	8.62	7.65	6.93	6.38	5.94	5.58	5.27	5.01	4.78

Fuente: Elaboración Propia

4.5.11. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

La presentación matemática de las curvas IDF, para distintos periodos de retorno, se basa en la siguiente ecuación:

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

$I(\frac{mm}{hr})$: Intensidad de precipitación

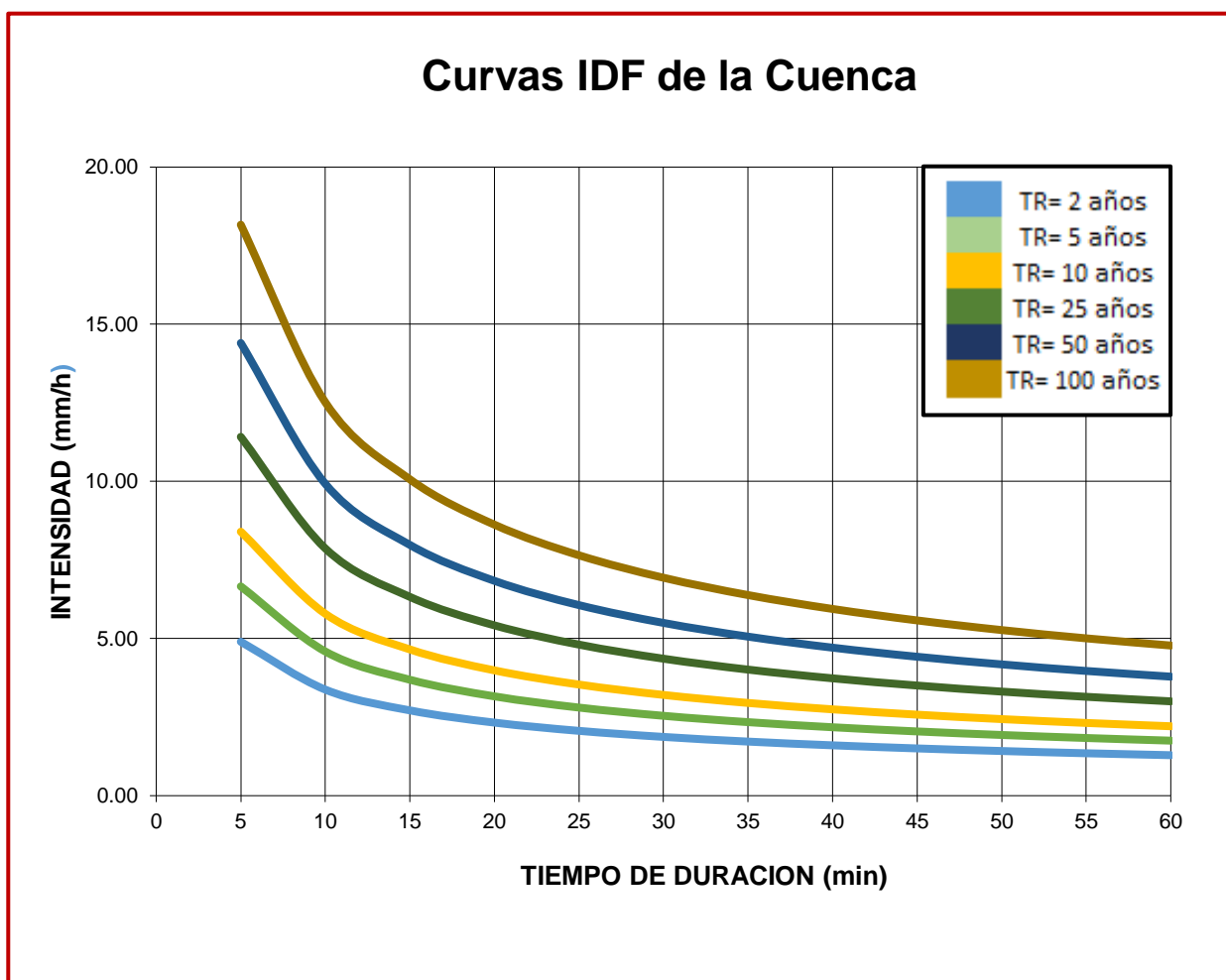
$t(min)$: Duración de la lluvia

$T(años)$: Periodo de retorno

K, m, n : Parámetros de ajuste

Se procede a graficar las curvas IDF, con los datos obtenido en la Tabla N° IV.45 y se obtiene el siguiente gráfico de curvas para los diferentes periodos de retorno.

Figura N° IV.12: Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)



Fuente: Elaboración Propia

4.5.12. Tiempo de Concentración

“Se define como tiempo de concentración (T_c) al tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de la cuenca, llegue hasta el punto más bajo o punto de salida”. [10]

Para calcular el T_c que se necesita para obtener la intensidad máxima para un periodo de retorno de 10 años, se procede a realizar el cálculo con la fórmula de Kirpich que nos brinda la Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano.

Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

L= longitud del canal desde aguas arriba, hasta la salida (m)

S=pendiente promedio de la cuenca (m/m)

Tabla N° IV.46: Tiempo de Concentración

Recorrido	L(m)	Cotas		Desnivel	Tiempo de Concentración	
		Inicial	Final		Kirpich	Corrección (0.4*Tc)
Calle: Av. Trapiche	910	92.446	84.51	7.936	22.95	9.18

Fuente: Elaboración Propia

Una vez calculado el tiempo de concentración, se procede a realizar el cálculo de intensidad máxima mediante la ecuación del ítem 4.2.2.9, para un periodo de retorno de 10 años. La intensidad máxima calculada es:

Intensidad máxima para un tiempo de retorno de 10 años

T. R=	10	años
Tc =	10	min
Imáx =	5.79	mm/hr

Fuente: Elaboración Propia

4.5.13. Cálculo de Caudales de Esguerrimiento-Método Racional

De acuerdo con [8], este método es el más usado para zonas que tiene áreas pequeñas, específicamente es aplicable hasta áreas que tengan un drenaje no mayor a 3 km².

El caudal pico utilizando el método racional se calculará con la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m³/s)

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

A: Área de la cuenca (km²)

C: Coeficiente de escorrentía

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de escorrentía que proporciona la Norma OS.060 para ser utilizados en el método racional. Se resaltan los valores a utilizar para el presente cálculo.

Tabla N° IV.47: Coeficientes de Escorrentía

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>							
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2-27%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)</i>							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-27%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60

Fuente: Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano

Finalmente, aplicando los cálculos obtenidos anteriormente, como la intensidad máxima de diseño y así mismo los coeficientes de escorrentía que proporciona la Norma OS.060 para viviendas, pistas y veredas y haciendo uso de la ecuación del método racional, se procedió a determinar los caudales circundantes por las vías. El cálculo correspondiente se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° IV.48: Caudales Circundantes en Vías

CÁLCULO DE CAUDALES CIRCUNDANTES EN VÍAS																	
Caudal (Q)	COTAS		Longitud (m)	Aporte de Áreas					Coeficiente de escorrentía (C)	lmax mm/h	Q=0.278*C*I*A + %q					Distribución del Caudal	
	Cota Inicial	Cota Final		Viviendas A	Viviendas B	Aporte de viviendas (m2)	Aporte de vías y veredas (m2)	Total (km2)			0.278*C*I*A (m3/s)	%q (m3/s)					Total (m3/s)
q1	90.94	90.81	50.00	1789.04	520.10	1916.59	459.29	0.00238	0.81	5.79	0.0031					0.0031	2-3-4
q2	90.88	90.67	31.00	178.66	185.94	302.62	224.01	0.00053	0.81	5.79	0.0007	0.002	0.003			0.0051	5-9
q3	90.88	90.56	60.00	563.76	429.51	824.41	499.02	0.00132	0.81	5.79	0.0017	0.002				0.0033	6
q4	90.88	90.82	46.40	1310.57	850.78	1793.92	423.79	0.00222	0.81	5.79	0.0029					0.0029	
q5	90.68	90.55	56.00	452.18	863.20	1091.77	338.75	0.00143	0.81	5.79	0.0019	0.003				0.0044	7
q6	90.56	90.33	27.90	350.85		291.21	212.57	0.00050	0.81	5.79	0.0007	0.003				0.0039	7
q7	90.33	90.36	40.85	250.85		208.21	215.94	0.00042	0.81	5.79	0.0006	0.004	0.004			0.0089	
q8	90.69	90.63	60.00	518.24	582.46	913.58	287.81	0.00120	0.81	5.79	0.0016	0.000				0.0017	9
q9	90.63	90.40	30.90	178.66	185.94	302.62	224.00	0.00053	0.81	5.79	0.0007	0.0026	0.002			0.0050	11
q10	90.55	90.44	58.50	625.02	574.06	995.24	433.09	0.00143	0.81	5.79	0.0019	0.003	0.000	0.001	0.003	0.0095	11
q11	90.40	90.27	26.30	125.23		103.94	193.62	0.00030	0.81	5.79	0.0004	0.005	0.009	0.002		0.0171	
q12	90.36	90.24	60.00	871.73		723.54	1020.34	0.00174	0.81	5.79	0.0023					0.0023	11
q13	90.93	90.53	53.00	1148.68	177.40	1100.65	1192.18	0.00229	0.81	5.79	0.0030					0.0030	14
q14	90.53	90.44	24.20	274.02		227.44	181.85	0.00041	0.81	5.79	0.0005	0.003	0.002			0.0054	17
q15	90.80	90.65	20.00	221.03		183.45	75.21	0.00026	0.81	5.79	0.0003					0.0003	16-8
q16	90.69	90.55	31.70	130.69	417.97	455.39	92.97	0.00055	0.81	5.79	0.0007	0.000				0.0009	10
q17	90.44	90.55	40.60	131.74		109.34	302.59	0.00041	0.81	5.79	0.0005	0.005				0.0059	10-18
q18	90.55	90.47	19.20	106.81	167.06	227.31	90.58	0.00032	0.81	5.79	0.0004	0.003				0.0034	10
q19	90.47	90.62	30.00	217.63	279.07	412.26	111.74	0.00052	0.81	5.79	0.0007					0.0007	23
q20	90.70	90.65	32.00	315.70	241.06	462.11	281.45	0.00074	0.81	5.79	0.0010					0.0010	23
q21	91.03	90.73	80.00	672.98	504.75	977.52	430.38	0.00141	0.81	5.79	0.0018					0.0018	22
q22	90.75	90.89	40.00	337.26	300.23	529.12	142.37	0.00067	0.81	5.79	0.0009	0.0018				0.0027	23

q23	91.52	90.53	260.00	6842.41		5679.20	5339.18	0.01102	0.81	5.79	0.0144	0.0007	0.0010	0.0027		0.0187	
q24	91.42	90.46	260.00	2848.64		2364.37	5339.18	0.00770	0.81	5.79	0.0100					0.0100	
q25	92.45	91.82	65.00	1341.02	1027.18	1965.61	1203.35	0.00317	0.81	5.79	0.0041					0.0041	27
q26	92.00	91.67	60.00	2736.12	1103.88	3187.20	941.69	0.00413	0.81	5.79	0.0054					0.0054	27
q27	91.18	91.11	63.50	203.94	402.17	503.07	1010.38	0.00151	0.81	5.79	0.0020	0.0041	0.0054			0.0115	30
q28	92.00	91.13	56.00	382.22		317.24	1701.84	0.00202	0.81	5.79	0.0026					0.0026	29
q29	91.13	91.05	60.00	1019.84		846.47	602.15	0.00145	0.81	5.79	0.0019	0.0026				0.0045	30
q30	91.82	87.12	240.00	8715.84		7234.15	2747.89	0.00998	0.81	5.79	0.0130	0.0045				0.0175	69-70
q31	90.51	90.16	167.00	5003.43		4152.85	1027.69	0.00518	0.81	5.79	0.0068					0.0068	32
q32	90.61	88.60	100.50	3141.95	1797.93	4100.10	1506.88	0.00561	0.81	5.79	0.0073	0.0068				0.0141	33
q33	88.60	85.26	310.50	4290.13	3110.94	6142.89	4407.80	0.01055	0.81	5.79	0.0137	0.0068	0.0047	0.0057	0.0019	0.0328	71
q34	89.90	88.89	66.00	480.57	826.41	1084.79	1151.66	0.00224	0.81	5.79	0.0029					0.0029	35
q35	88.74	88.58	56.00	191.34		158.81	886.52	0.00105	0.81	5.79	0.0014					0.0014	33
q36	88.50	88.44	59.00	643.79		534.35	1083.32	0.00162	0.81	5.79	0.0021					0.0021	33
q37	87.75	87.94	60.00	605.97	577.73	982.47	196.16	0.00118	0.81	5.79	0.0015					0.0015	80
q38	87.44	87.25	63.00	634.18	680.06	1090.82	613.96	0.00170	0.81	5.79	0.0022					0.0022	88
q39	87.03	86.99	62.00	633.48	481.93	925.79	142.27	0.00107	0.81	5.79	0.0014					0.0014	88
q40	86.35	86.25	60.00	619.08	470.71	904.53	142.27	0.00105	0.81	5.79	0.0014					0.0014	88
q41	86.28	86.06	60.00	539.62	813.16	1122.81	142.27	0.00127	0.81	5.79	0.0016					0.0016	88
q42	88.96	88.55	100.00	6076.96	1274.90	6102.04	1187.98	0.00729	0.81	5.79	0.0095					0.0095	33-43
q43	89.60	87.68	79.00	763.14	3222.24	3307.87	654.50	0.00396	0.81	5.79	0.0052	0.0047				0.0099	44-45
q44	87.68	87.40	28.00	180.26	180.13	299.12	238.33	0.00054	0.81	5.79	0.0007	0.0050				0.0057	33
q45	87.68	87.02	40.00	478.34		397.02	122.37	0.00052	0.81	5.79	0.0007	0.0050				0.0056	68
q46	87.03	86.86	32.00	184.65	184.94	306.76	172.66	0.00048	0.81	5.79	0.0006					0.0006	33
q47	86.39	86.18	29.00	237.36	271.14	422.06	536.59	0.00096	0.81	5.79	0.0012					0.0012	33
q48	88.92	87.02	134.00	3348.90		2779.59	1607.38	0.00439	0.81	5.79	0.0057					0.0057	67
q49	88.97	86.92	138.00	2307.45		1915.18	1607.38	0.00352	0.81	5.79	0.0046	0.0007				0.0053	67
q50	90.37	90.28	69.00	830.65	873.06	1414.08	425.11	0.00184	0.81	5.79	0.0024					0.0024	64
q51	90.74	90.39	72.00	485.79	822.71	1086.06	319.57	0.00141	0.81	5.79	0.0018					0.0018	58

q52	89.31	89.20	68.00	1006.94	835.44	1529.18	568.63	0.00210	0.81	5.79	0.0027					0.0027	64
q53	89.81	89.34	72.00	890.48	560.26	1204.11	877.16	0.00208	0.81	5.79	0.0027					0.0027	58
q54	88.17	88.59	70.00	868.08	868.08	1441.01	573.44	0.00201	0.81	5.79	0.0026					0.0026	58
q55	87.94	88.24	71.00	868.08	783.67	1370.95	513.34	0.00188	0.81	5.79	0.0025					0.0025	58
q56	87.72	87.57	69.00	868.08	962.87	1519.69	398.95	0.00192	0.81	5.79	0.0025					0.0025	58
q57	89.50	88.37	68.00	819.20	851.68	1386.83	473.54	0.00186	0.81	5.79	0.0024					0.0024	59
q58	90.37	87.05	200.00	1241.22	2615.69	3201.24	2071.31	0.00527	0.81	5.79	0.0069	0.0018	0.0027	0.0026	0.0097	0.0238	65
q59	88.60	87.95	75.50	471.04	554.85	851.49	965.13	0.00182	0.81	5.79	0.0024	0.0024				0.0048	58
q60	90.22	89.05	82.00	1396.99	837.19	1854.37	692.96	0.00255	0.81	5.79	0.0033					0.0033	63
q61	88.95	89.04	38.00	421.00		349.43	158.00	0.00051	0.81	5.79	0.0007					0.0007	49
q62	88.81	88.87	20.00	211.82	145.97	296.97	241.89	0.00054	0.81	5.79	0.0007					0.0007	64
q63	88.63	86.95	120.00	1973.94	1259.56	2683.81	1064.23	0.00375	0.81	5.79	0.0049	0.0033				0.0082	65
q64	90.51	87.14	207.00	1668.28	1735.72	2825.32	2056.09	0.00488	0.81	5.79	0.0064	0.0024	0.0027	0.0007		0.0122	65
q65	87.18	86.83	180.00	1625.70		1349.33	2848.06	0.00420	0.81	5.79	0.0055	0.0238	0.0082	0.0122		0.0497	67
q66	87.17	86.83	180.00	4085.24		3390.75	1741.81	0.00513	0.81	5.79	0.0067					0.0067	67
q67	86.83	87.01	125.00	8543.07	1761.09	8552.45	1274.29	0.00983	0.81	5.79	0.0128	0.0057	0.0053	0.0497	0.0067	0.0801	68
q68	86.98	85.35	160.00	4954.64	1654.78	5485.82	1440.91	0.00693	0.81	5.79	0.0090	0.0801	0.0056			0.0948	71
q69	87.15	85.57	120.00	938.22		778.72	1186.96	0.00197	0.81	5.79	0.0026	0.0088				0.0113	71
q70	87.12	85.76	120.00	2160.29		1793.04	1137.08	0.00293	0.81	5.79	0.0038	0.0088				0.0126	71
q71	85.63	84.51	447.00	21839.49		18126.78	4223.23	0.02235	0.81	5.79	0.0291	0.0948	0.0113	0.0126	0.0524	0.2002	
q72	88.97	89.11	60.00	347.68	516.21	717.03	393.92	0.00111	0.81	5.79	0.0014					0.0014	74-77
q73	88.27	88.30	32.00	165.97		137.76	509.58	0.00065	0.81	5.79	0.0008					0.0008	77
q74	89.48	87.78	78.00	543.36	737.62	1063.21	305.53	0.00137	0.81	5.79	0.0018	0.0007				0.0025	76
q75	87.77	87.64	33.00	305.62		253.66	84.07	0.00034	0.81	5.79	0.0004					0.0004	76
q76	87.72	87.48	30.00	260.54	704.71	801.16	427.56	0.00123	0.81	5.79	0.0016	0.0025	0.0004			0.0045	79
q77	88.00	87.33	36.00	489.33	606.85	909.83	301.45	0.00121	0.81	5.79	0.0016	0.0007	0.0008			0.0031	79
q78	87.40	87.36	37.00	241.24	430.33	557.40	102.46	0.00066	0.81	5.79	0.0009					0.0009	
q79	87.08	86.29	64.00	971.08	403.43	1140.84	287.33	0.00143	0.81	5.79	0.0019	0.0045	0.0031	0.0026		0.0122	82
q80	88.81	87.37	97.00	930.16	506.22	1192.20	317.50	0.00151	0.81	5.79	0.0020					0.0020	88

q81	87.11	86.63	53.00	810.19	393.51	999.07	1018.64	0.00202	0.81	5.79	0.0026					0.0026	79
q82	86.51	86.04	99.00	1194.54	678.27	1554.43	524.64	0.00208	0.81	5.79	0.0027	0.0122				0.0149	
q83	86.10	85.56	96.00	1002.77	1061.58	1713.41	501.65	0.00222	0.81	5.79	0.0029					0.0029	
q84	85.61	85.38	96.00	982.97	1104.41	1732.53	556.47	0.00229	0.81	5.79	0.0030					0.0030	
q85	84.78	84.68	96.00	919.41	1017.54	1607.67	556.47	0.00216	0.81	5.79	0.0028					0.0028	
q86	84.68	84.78	100.00	1002.94	1075.86	1725.40	604.36	0.00233	0.81	5.79	0.0030					0.0030	
q87	84.59	84.41	90.00	985.63		818.07		0.00082	0.81	5.79	0.0011					0.0011	
q88	87.21	84.75	220.00	2218.91	4269.70	5385.55	3100.60	0.00849	0.81	5.79	0.0111	0.0020	0.0022	0.0014	0.0030	0.0197	71
q89	87.97	84.69	280.00	3672.50		3048.18		0.00305	0.81	5.79	0.0040					0.0040	

Fuente: Elaboración Propia

4.5.14. Conclusiones

- ✓ Se tomaron los datos de la estación meteorológica Pucalá, por ser la más cercana al lugar del proyecto.
- ✓ Se tomó como periodo de retorno 10 años, por ser el más conservador y el más recomendable para obras de drenaje menores.
- ✓ Se eligió la distribución de Gumbel, por presentar la precipitación más conservadora para el periodo de retorno de 10 años.
- ✓ Se tomó un tiempo de concentración de 10 minutos, debido a que el calculado fue menor a este valor, la norma recomienda que el tiempo de concentración mínimo sea de 10 minutos.
- ✓ Se determinaron los caudales circundantes para cada una de las calles del área en estudio, las cuales se han enumerado en el plano de flujos finales (F-01).

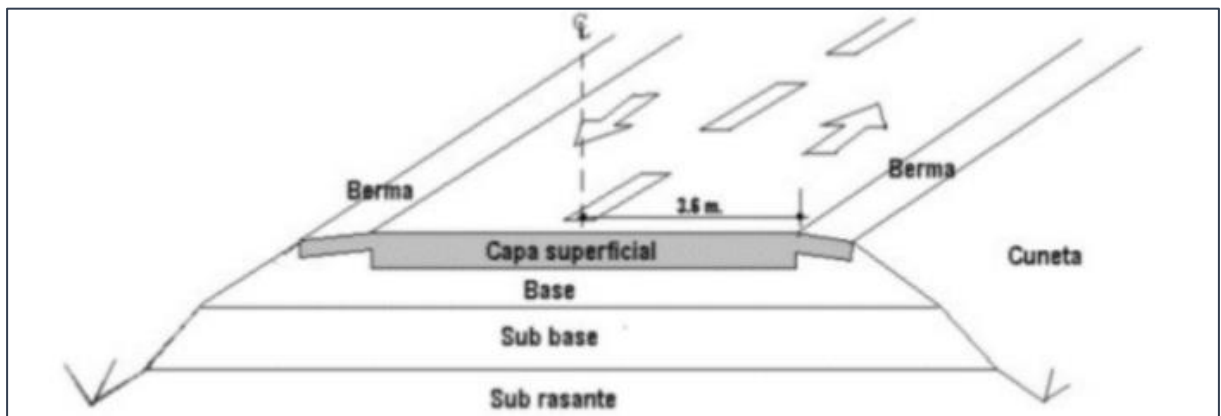
4.6. Diseño Estructural de Pavimentos

4.6.1. Pavimento Flexible

Los pavimentos flexibles están conformados por una capa delgada denominada mezcla asfáltica, que se encuentra construido sobre sobre dos capas, la base y la subbase. Ambas se encuentran sobre una capa de suelo bien compactada, denomina subrasante.

El presente diseño se realiza para el nuevo pavimento que se instalará, debido a que el pavimento existente se tendrá que demoler para la instalación del drenaje pluvial subterráneo.

Figura N° IV.13: Estructura Típica de un Pavimento Asfáltico (Flexible)



Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos 2013 (MTC)

4.6.1.1. Requisito Mínimo a Considerar en el Diseño

En la siguiente tabla se muestran los requisitos mínimos que se deben de tomar en cuenta para el diseño de cualquier tipo de vía, de acuerdo al manual de suelos y pavimentos.

Tabla N° IV.49: Requisitos Mínimos para diferentes tipos de Vías

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub- rasante		95% de compactación		
		Suelos Granulares- Proctor Modificado		
		Suelos Cohesivos- Proctor Estandar		
		Espesor compactado		
		≥ 250mm- Vías locales y colectoras		
Sub-base		CBR ≥ 40%	CBR ≥ 30%	
Base		CBR ≥ 80%	No aplicable	CBR ≥ 80%
Imprimación/Capa de apoyo		Penetración de la imprimación ≥ 5mm	No aplicable	Cama de arena fina de espesor comprendido entre 25 y 40mm
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50mm	≥ 150mm	≥ 60mm
	Vías colectoras	≥ 60mm		≥ 80mm
	Vías arteriales	≥ 70mm		No recomendable
	Vías expresas	≥ 80mm	≥ 200mm	No recomendable
Material		Concreto Asfáltico	MR≥ 34kg/cm ² (3,4Mpa)	f'c ≥ 380kg/cm ² (38Mpa)

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos 2013 (MTC)

4.6.1.2. Método AASHTO

En principal objetivo que busca esta metodología es el cálculo del parámetro denominado número estructural (SN), el cual es primordial para para determinar los espesores de cada capa que conforman la estructura del pavimento.

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Donde:

a1, a2, a3= Coeficiente de cada capa (Carpeta Asfáltica, Base y Subbase)

D1, D2, D3= Espesores de cada capa (Carpeta Asfáltica, Base y Subbase)

m1, m2 = Coeficientes de drenaje (Base y Subbase)

A. Tipo de Tráfico

Para cualquier carretera, ya sea de alto o bajo tránsito, el diseño del tráfico se fundamenta en las cargas acumuladas en un eje equivalente simple (ESAL) de 8.2 toneladas.

De acuerdo al ESAL calculado anteriormente que es de 883 687, se tiene un tipo de tráfico Tp4.

Tabla N° IV.50: Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t en el carril de diseño

Tipo de Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
Tp0	> 75 000 EE
	≤ 150 000EE
Tp1	> 150 000 EE
	≤ 300 000EE
Tp2	> 300 000 EE
	≤ 500 000 EE
Tp3	> 500 000 EE
	≤ 750 000EE
Tp4	> 750 000 EE
	≤ 1 000 000 EE

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos 2013 (MTC)

B. Confiabilidad (%R)

“Es la probabilidad que la estructura del pavimento se comporte de una manera adecuada o de acuerdo a lo previsto durante su vida útil o periodo de diseño”. [16]

De acuerdo al tipo de tráfico Tp4 se tiene un nivel de confiabilidad de 80%.

Tabla N° IV.51: Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico

TIPO DE CAMIONES	TRÁFICO	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	65%
	Tp2	70%
	Tp3	75%
	Tp4	80%

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos 2013 (MTC)

C. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

“Este coeficiente representa el dato de la confiabilidad elegida, para un grupo de datos aplicado en una distribución normal”. [16]

De acuerdo a un nivel de confiabilidad de 80%, se obtiene un $Z_r = -0.842$.

D. Desviación Estándar Combinada (S_o)

“Es un valor que se basa en la variabilidad esperada del pronóstico del tránsito y de los factores que afectan al comportamiento del pavimento (construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo). Se recomienda optar por valores entre 0.40 y 0.50, pero mayormente para los diseños se adopta un valor de 0.45”. [16]

E. Índice de Serviciabilidad

“Es una condición necesaria de la estructura de un pavimento, para proporcionar a los conductores de cualquier tipo de tráfico, un manejo seguro y cómodo en un cierto momento”. [16]

De acuerdo con el tipo de tráfico Tp4, se tiene:

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i)= 3.80

Índice de Serviciabilidad Final (Pi)= 2

Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) = 3.80-2=1.80

F. Módulo de Resiliencia (Mr)

“Es una medida de la rigidez del suelo de la subrasante, para el cálculo se utilizará la siguiente ecuación, la cual está en función del CBR”. [16]

$$Mr(\text{psi}) = 2555 * \text{CBR}^{0.64}$$

Para el diseño se empleará el CBR promedio de los resultados del EMS ejecutado.

CBR= 7.41%

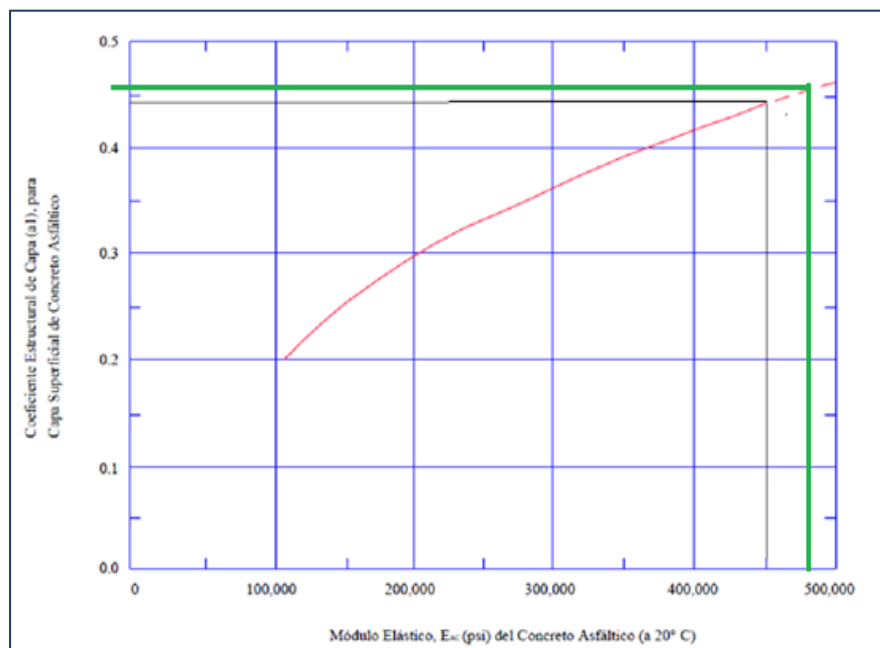
Mr= 9203.80 psi (647.091 kg/cm²)

G. Coeficientes Estructurales de Capas

Capa1: Carpeta Asfáltica, para determinar el coeficiente se emplea el módulo de elástico del concreto asfáltico en el siguiente gráfico.

$$E_{AC} \text{ a } 20 \text{ }^\circ\text{C} = 480\,000 \text{ psi } \left(33\,747.339 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Figura N° IV.14: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico.



Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

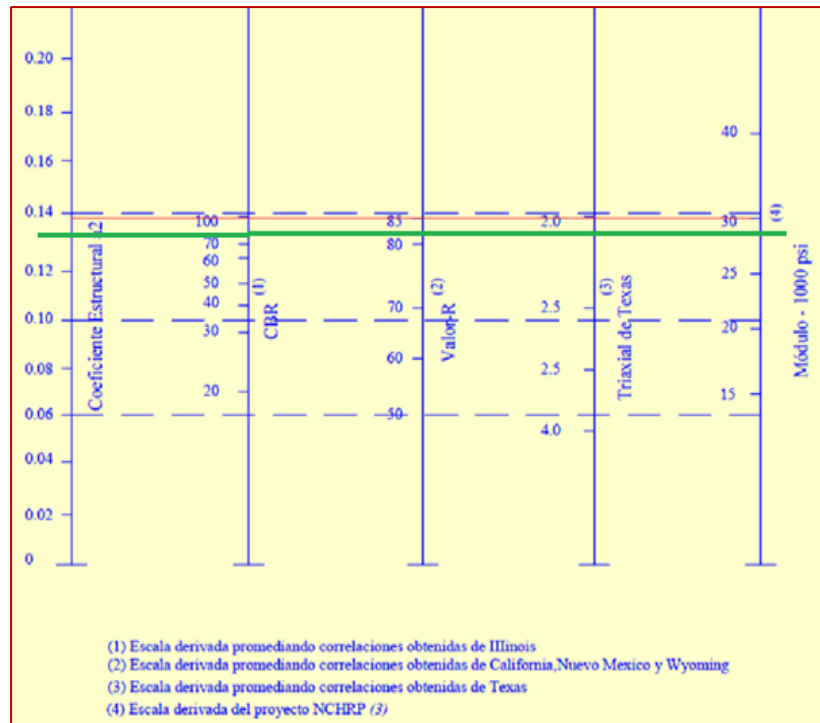
Se obtiene un coeficiente estructural $a_1 = 0.46$

Capa2: Base Granular, para determinar el coeficiente de esta capa, se empleará el siguiente gráfico, utilizando el CBR.

CBR= 80%

Figura N° IV.15: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa

Base



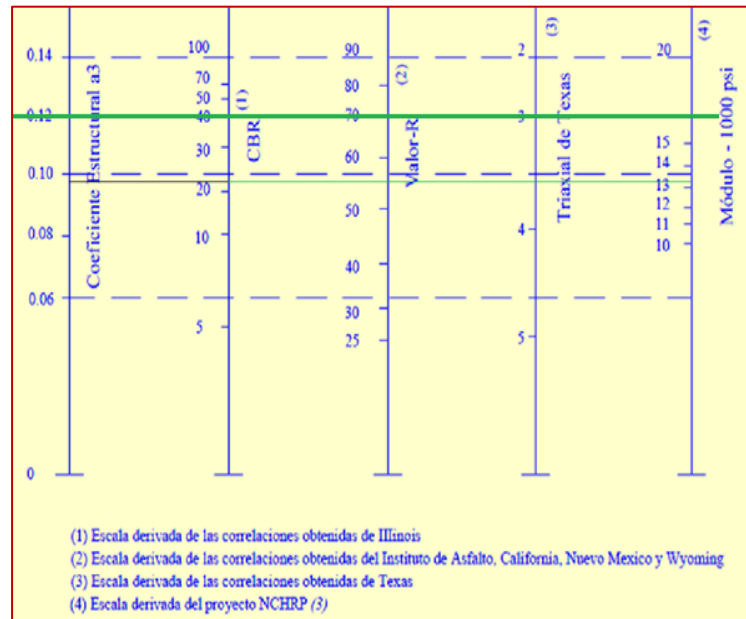
Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Se obtiene un coeficiente estructural $a_2 = 0.135$

Capa3: Subbase Granular, para determinar el coeficiente de esta capa, se empleará el siguiente gráfico, utilizando el CBR.

CBR= 40%

Figura N° IV.16: Carta para estimación del coeficiente estructural de capa Subbase



Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Se obtiene un coeficiente estructural $a_3 = 0.12$

H. Calidad de Drenaje

“Es un factor importante que evalúa el periodo que tarda el agua en ser evacuada. Para obtener los coeficientes m_2 y m_3 , se presenta el siguiente cuadro de acuerdo al drenaje que presentará el pavimento”. [16]

Para el diseño, se asumirá que el drenaje será bueno, tanto para la base y subbase.

Tabla N° IV.52: Calidad de Drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	El agua no evacúa

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Tabla N° IV.53: Valores recomendados del coeficiente de Drenaje para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DE DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN			
	Menor que 1%	1%-5%	5%-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Se obtiene valores de coeficientes m2 y m3 de 1, considerando una humedad de saturación entre 5%-25%.

I. Número Estructural de cada Capa

Para el cálculo del número estructural se empleará el programa AASHTO, el cual utiliza la siguiente fórmula para realizar el cálculo.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Datos para el cálculo del SN

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)=	883687
Suelo de la Subrasante	CBR=	7.41%
Módulo de resiliencia de la subrasante	MR(psi)=	9203.8041
Módulo de resiliencia de la subbase	MR(psi)=	16500.00
Módulo de resiliencia de la base	MR(psi)=	28500.00
Tipo de tráfico	Tipo:	Tp4
Número de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	Conf:	80.00%
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal	Z _R =	-0.842
Desviación estandar combinado	S _o =	0.45
Indice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico	P _i =	3.8
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	P _f =	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	ΔPSI=	1.8

Fuente: Elaboración Propia

Número Estructural de la Carpeta Asfáltico (SN1)

Fuente: Programa-Ecuación AASTHO 93

Número Estructural de la Carpeta Asfáltico y Base (SN1)

The screenshot shows the 'Ecuación AASTHO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' are set to '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are 'PSI inicial = 3.8' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr = 16500 psi'. The 'Tipo de Análisis' is 'Calcular SN', and the 'Número Estructural' is 'SN = 2.33'. The 'W18' value is '883687'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Programa-Ecuación AASTHO 93

Número Estructural de la Carpeta Asfáltico, Base y Subbase (SN1)

The screenshot shows the 'Ecuación AASTHO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' are set to '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are 'PSI inicial = 3.8' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr = 9203.8041 psi'. The 'Tipo de Análisis' is 'Calcular SN', and the 'Número Estructural' is 'SN = 2.90'. The 'W18' value is '883687'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Programa-Ecuación AASTHO 93

J. Cálculo de los Espesores de cada Capa

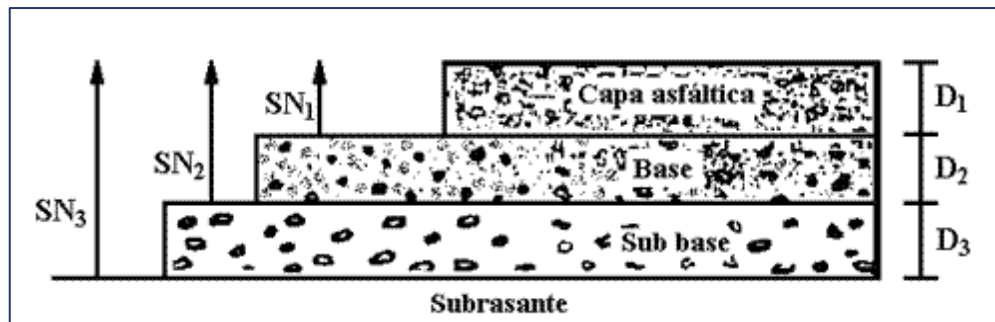
Se debe tener en cuenta los espesores mínimos según el tipo de tráfico.

Para el ESAL=883 687 calculado, se presentan los siguientes espesores mínimos.

Tránsito (ESAL's) en EE	Carpeta Asfáltica	Base Granular
500 001 - 2 000 000	3" (7.60cm)	6" (15.24 cm)

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Número Estructural de cada capa



Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

Espesor de la Carpeta Asfáltica

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 = \frac{1.88}{0.46} = 4.087" = 4"$$

$$SN1 \text{ corregido} = 1.88 \geq SN1$$

Espesor de la Base

$$D1 = \frac{SN2 - SN1 \text{ corregido}}{a2 * m2}$$

$$D1 = \frac{2.33 - 1.88}{0.135 * 1} = 3.6" = 4"$$

$$SN2 \text{ corregido} = 2.42 \geq SN2$$

Espesor de la Subbase

$$D1 = \frac{SN3 - SN2 \text{ corregido}}{a3 * m2}$$

$$D1 = \frac{2.90 - 2.42}{0.12 * 1} = 4.33" = 5"$$

$$SN2 \text{ corregido} = 2.42 \geq SN2$$

4.6.1.3. Resultados

Alternativa 01.- Optando por los espesores mínimos para la carpeta asfáltica y la capa base dispuesto en la norma, se procede a determinar el espesor de la capa subbase, mediante la siguiente fórmula:

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Reemplazando los datos correspondientes, se obtiene:

$$D3 = 5.9" = 6"$$

CAPAS	ESPSORES	
	pulgadas	cm
Carpeta Asfáltica	3	7.6
Base Granular	6	15.24
Subbase Granular	6	15.24

Fuente: Elaboración Propia

SN final = 2.91 \geq SN3 (2.90), entonces se puede especificar que si cumple con lo requerido

Alternativa 02.- Optando por los espesores calculados, se tiene lo siguiente:

CAPAS	ESPSORES	
	pulgadas	cm
Carpeta Asfáltica	4	10
Base Granular	4	10
Subbase Granular	5	13

Fuente: Elaboración Propia

En esta alternativa se puede observar que el espesor de la base, no cumple con el espesor mínimo de la norma.

Alternativa 03.- Esta final alternativa está en base a las dos alternativas anteriores, teniendo en cuenta los espesores mínimos y los espesores calculados, se optan para el diseño final los siguientes espesores:

CAPAS	ESPSORES	
	pulgadas	cm
Carpeta Asfáltica	3	7.6
Base Granular	6	15.24
Subbase Granular	6	15.24

Fuente: Elaboración Propia

$SN_{final} = 2.91 \geq SN_3 (2.90)$, entonces se puede especificar que si cumple con lo requerido.

4.6.2. Pavimento Semirrígido con Adoquines de Concreto

Los pavimentos de adoquines al igual que los pavimentos flexibles y rígidos, también necesitan de las capas base y subbase para su instalación. Se plantea la instalación de un sistema adoquinado para las calles que actualmente no se encuentran pavimentadas, como la mejor alternativa, no solo porque es un tipo pavimento resistente, duradero y para su instalación no se requiere un personal calificado, sino por la razón primordial, que la ventaja (por la cual se plantea esta

alternativa) que presentan los adoquines con respecto a los otros tipos de pavimentos, la tasa de infiltración es mucho mayor.

4.6.2.1. Método de Diseño ICPI (Interlocking Concrete Pavemente Institute)

Este método de diseño toma en cuenta algunos factores:

- Los aspectos del medio ambiente (humedad y posibilidad de congelamiento)
- El tránsito (Numero de Ejes Equivalentes hasta 15 000 000 EE)
- La resistencia de la subrasante (material con CBR $\geq 6\%$)
- Los materiales de construcción

A. ESALs de Diseño

Se obtiene un ESALs de diseño de 840 000 EE

Figura N° IV.17: ESALs de Diseño para un Periodo de 20 años

Typical Design EALs			
Road Class	EALs* (millions)	Reliability Factor	Design EALs* (millions)
Arterial or Major Streets			
Urban	7.5	3.775	28.4
Rural	3.6	2.929	10.6
Major Collectors			
Urban	2.8	2.929	8.3
Rural	1.5	2.390	3.5
Minor Collectors			
Urban	1.3	2.390	3.0
Rural	0.55	2.390	1.3
Commercial/Multi-Family Locals			
Urban	0.43	2.010	0.84
Rural	0.28	2.010	0.54

**Assume a 20 year design life.*

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

B. Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)

De acuerdo al EMS, se tiene que el material predominante en toda el área de estudio, son las arenas arcillosas. En el siguiente gráfico se emplea la clasificación AASTHO para determinar el módulo resiliente de la subrasante.

De acuerdo con la condición climática de la zona, se toma la opción 1, por la cual se obtiene un $M_r = 7500$ psi

Figura N° IV.18: Módulo Resiliente de la Subrasante

Subgrade Strength as a Function of AASHTO Soil Type 10 ³ psi=6.94 MPa				
AASHTO Soil Group	Resilient Modulus (10 ³ psi)			Reduced
	Option 1	Option 2	Option 3	Modulus ^a (10 ³ psi)
A-1-a	20.0	20.0	20.0	N/A
A-1-b	20.0	20.0	20.0	12.0
A-2-4,A-2-5,A-2-7	20.0	20.0	20.0	4.5
A-2-6	7.5	15.0	20.0	4.5
A-3	15.0	20.0	20.0	9.0
A-4	7.5	15.0	20.0	4.5
A-5	4.5	6.0	9.0	4.5
A-6	4.5	10.5	20.0	4.5
A-7-5	4.5	6.0	7.5	4.5
A-7-6	7.5	15.0	20.0	4.5

**Use only when frost action is a design consideration.*

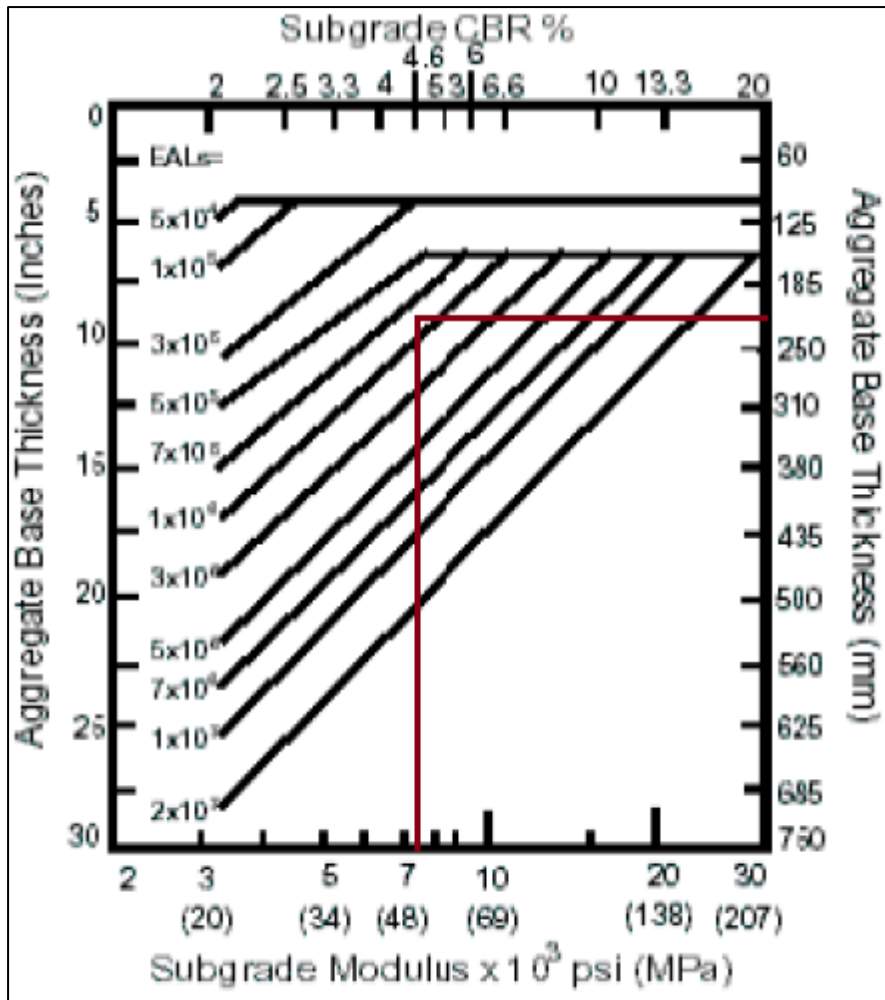
Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

C. Espesor Total de la Base

Con el ESALs de diseño y con el módulo resiliente de la subrasante, se determina el espesor total de la base, empleando la figura N° IV.19.

Se obtiene un espesor total de la base de 220 mm

Figura N° IV.19: Espesor Total de la Base



Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO-1993

D. Espesores mínimos para la Capa Base

De acuerdo con el método de diseño empleado ICPI, se deben tener en consideración los espesores mínimos para la capa base.

ESPESORES MÍNIMOS PARA CAPA BASE	
N ESALs (EE)	Base Granular
<500 000	100 mm
> 500 000	150mm

E. Factores de Conversión

De acuerdo con el método de diseño empleado ICPI, se consideran factores de corrección de espesor base a espesor equivalente subbase granular. La normativa AASTHO presenta los siguientes factores de corrección. Para este caso se empleará el factor para una base granular.

-Para base granular: 1.75

-Para base estabilizada con asfalto: 3.40

-Para base estabilizada con cemento: 2.50

4.6.2.2. Resultados

A. Espesor de Adoquín

Considerando un espesor de adoquín de 6 cm de altura y una cama de arena de 4 cm, se tiene un espesor total de 10 cm de la capa.

B. Espesor de la Base

El espesor de la base se tomará como dato el espesor mínimo que es 150mm.

C. Espesor de la Subbase

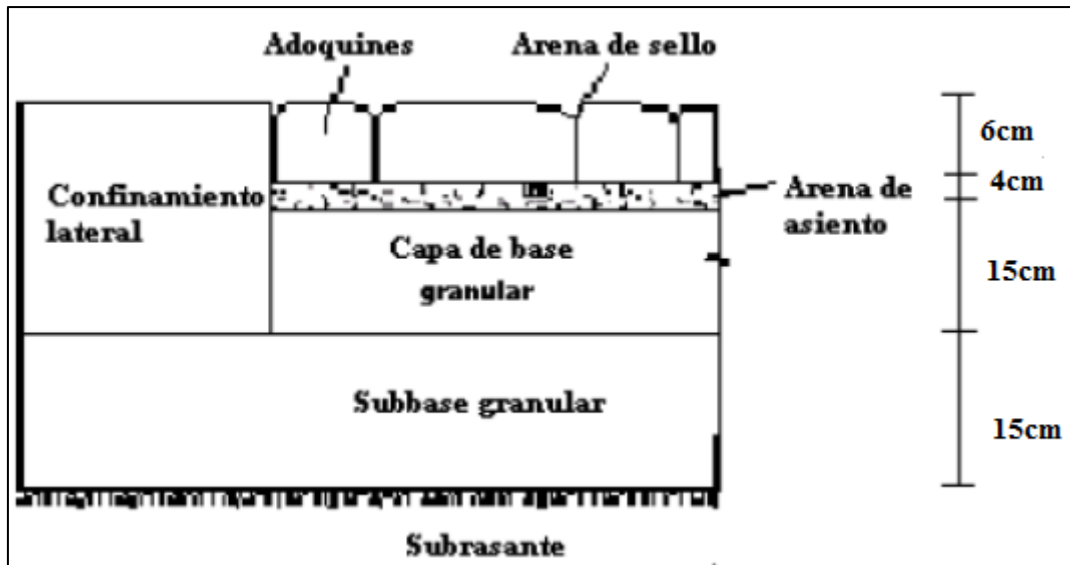
De la Figura N° IV.11, se obtuvo un espesor total de 220mm. En base al espesor total y al espesor mínimo, se procede a determinar el espesor de la capa subbase.

$$\text{Espesor de Subbase} = (220 - 150) * 1.75 = 122.5\text{mm}$$

D. Espesores Finales

Se optó por considerar un espesor de 15 cm para la capa subbase. Los espesores finales se pueden apreciar en la siguiente figura:

Figura N° IV.20: Espesores Finales de las Capas del Pavimento



Fuente: Elaboración Propia

4.6. Diseño de Drenaje Pluvial

El presente diseño de drenaje pluvial urbano, tiene como objetivo primordial, captar, conducir y eliminar las aguas producto de las lluvias, en el Distrito de Pátapo, con la finalidad de poder prosperar la calidad de vida en la población, pues de esta manera se evitará que las aguas queden acumuladas por un largo periodo la cual ocasiona contaminación, deterioros en la infraestructura vial y así un mismo un posible colapso de la red de alcantarillado sanitario.

4.6.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

4.6.1.1. Parámetros Geométricos

A. Área

Longitud (L)= 620 m

Ancho (B)= 600 m

Área= 372000 m²

B. Perímetro

Perímetro (P)= 2440 m

4.6.1.2. Parámetros de Forma

A. Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius

Este coeficiente nos da a conocer cuál será la forma de la cuenca. Se empleará la siguiente expresión, la cual relaciona al perímetro de la cuenca, con la el perímetro de un círculo de área de la misma cuenca.

$$IC = \frac{0.282 * P}{\sqrt{A}}$$

$$IC = \frac{0.282*2440}{372000} = 1.13$$

IC=1 (cuenca circular)

IC= cercano a 1 (Cuenca regular)

IC= alejado a 1 (Cuenca irregular)

Como se obtiene un IC cercano a la unidad, entonces la cuenca en estudio es una cuenca regular.

B. Factor de Forma

Este factor indica cual será la forma de la precipitación que ocurrirá en toda la cuenca. Como primer paso se calcula el ancho promedio de la cuenca (B):

$$B = \frac{A}{L_c}$$

$$B = \frac{372000}{620} = 600 \text{ m}$$

Luego se calcula el factor de forma (Ff)

$$Ff = \frac{B}{L_c}$$

$$Ff = \frac{600}{620} = 0.97 = 1$$

Como se obtiene un Ff muy cercano a la unidad, entonces se puede predecir que la precipitación ocurrirá de manera uniforme en toda la cuenca de estudio.

C. Relación de Circularidad (Rci)

$$R_{ci} = \frac{4 * \pi * A}{P^2}$$

$$R_{ci} = \frac{4 * \pi * 372000}{2440^2} = 0.785$$

Rci=1 (La cuenca es circular)

Rci=0.785 (La cuenca es cuadrada)

Con el valor obtenido, se puede comprobar que la forma de la cuenca que se tiene, es una cuenca cuadrada.

4.6.2. Estimación de la Capacidad de Volumen a Evacuar

Empleando la intensidad máxima para un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos, calculados anteriormente en el ítem 4.5.12, se tiene lo siguiente:

Intensidad máxima (I)= 5.79 mm/hr

Tiempo (T)= 10 min

Se obtiene la precipitación mediante la siguiente fórmula:

$$P = I * T$$

$$P = 5.79 * \left(\frac{10}{60}\right) = 0.96 \text{ mm}$$

En base a la precipitación y al área de la cuenca se estima la cantidad de volumen a evacuar:

$$V = P * A$$

$$V = (0.96 * 0.001) * 372000 = 358.79 \text{ m}^3 = 359 \text{ m}^3$$

Finalmente se obtiene un volumen a evacuar de 359 m³

4.6.3. Criterios de Diseño

Primeramente, se procedió a calcular los caudales circundantes en las vías, para la cual se empleó el Método Racional, de acuerdo a la Norma OS.060, cuando se tiene una cuenca con un área menor o igual a 13 km², se deberá emplear este método. El área de estudio que tiene el proyecto es de 0.372 km², por la cual se empleará el Método Racional.

Se determinó la capacidad máxima de caudal que soporta cada sección de vía, haciendo uso de la fórmula de Manning

$$Q = \frac{\left(A^{\frac{5}{3}}\right) * \left(S^{\frac{1}{2}}\right)}{\left(P^{\frac{2}{3}}\right) * n}$$

Q= caudal máximo (m³/s)

A= área de la calle o vía (m²)

P= perímetro de la calle o vía (m)

n= rugosidad del material

Se empleó una rugosidad para el material de pavimento asfáltico rugoso, el cual indica la norma OS. 060 un valor de 0.016

Luego se realizó una comparación entre el caudal circundante en la vía y el caudal máximo que soportará cada sección de vía, teniendo en cuenta el siguiente criterio:

CASO 1

Si: Caudal Circundante > Caudal máximo (Se requiere diseño de cuneta)

CASO 2

Si: Caudal Circundante < Caudal máximo (No se requiere diseño de cuneta)

4.6.4. Capacidad Máxima de Caudal en Secciones de Vías

En el siguiente cuadro, se muestra el cálculo realizado para todas las calles o secciones de vías que se tienen dentro del área de estudio.

Tabla N° IV.54: Capacidad Máxima de Caudal en Secciones de Vías

CAPACIDAD MAXIMA DEL CAUDAL EN SECCIONES DE VIAS									
Caudal (Q)	Pendiente	Ancho de Vía (m)	Altura (m)	Area (m2)	Perímetro (m)	Rugosidad (n)	Q máximo (m3/s) = $\frac{(A^{5/3}) * (S^{1/2})}{n * (P^{2/3})}$	Q circundante (m3/s)	VERIFICACIÓN
q1	0.25%	6.00	0.100	0.600	6.200	0.016	0.394	0.003	PASA
q2	0.65%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.272	0.005	PASA
q3	0.52%	6.80	0.100	0.680	7.000	0.016	0.651	0.003	PASA
q4	0.13%	6.80	0.100	0.680	7.000	0.016	0.328	0.003	PASA
q5	0.24%	4.80	0.100	0.480	5.000	0.016	0.305	0.004	PASA
q6	0.83%	5.00	0.100	0.500	5.200	0.016	0.597	0.004	PASA
q7	0.08%	5.00	0.100	0.500	5.200	0.016	0.184	0.009	PASA
q8	0.09%	3.60	0.100	0.360	3.800	0.016	0.144	0.002	PASA
q9	0.76%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.293	0.005	PASA
q10	0.19%	8.80	0.100	0.880	9.000	0.016	0.508	0.009	PASA
q11	0.50%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.238	0.017	PASA
q12	0.19%	8.00	0.100	0.800	8.200	0.016	0.462	0.002	PASA
q13	0.75%	6.50	0.100	0.650	6.700	0.016	0.742	0.003	PASA
q14	0.39%	9.50	0.100	0.950	9.700	0.016	0.790	0.005	PASA
q15	0.76%	4.50	0.100	0.450	4.700	0.016	0.513	0.000	PASA
q16	0.44%	4.50	0.100	0.450	4.700	0.016	0.390	0.001	PASA
q17	0.27%	7.60	0.100	0.760	7.800	0.016	0.526	0.006	PASA
q18	0.40%	3.20	0.100	0.320	3.400	0.016	0.262	0.003	PASA
q19	0.51%	3.80	0.100	0.380	4.000	0.016	0.354	0.001	PASA
q20	0.17%	8.80	0.100	0.880	9.000	0.016	0.480	0.001	PASA
q21	0.37%	3.50	0.100	0.350	3.700	0.016	0.275	0.002	PASA

q22	0.36%	3.20	0.100	0.320	3.400	0.016	0.247	0.003	PASA
q23	0.38%	8.50	0.100	0.850	8.700	0.016	0.693	0.019	PASA
q24	0.37%	8.50	0.100	0.850	8.700	0.016	0.684	0.010	PASA
q25	0.96%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.330	0.004	PASA
q26	0.55%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.250	0.005	PASA
q27	0.11%	11.00	0.100	1.100	11.200	0.016	0.493	0.011	PASA
q28	1.55%	11.00	0.050	0.550	11.100	0.016	0.578	0.003	PASA
q29	0.13%	8.00	0.100	0.800	8.200	0.016	0.389	0.005	PASA
q30	1.96%	8.50	0.200	1.700	8.900	0.016	4.930	0.018	PASA
q31	0.21%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.096	0.007	PASA
q32	2.00%	8.80	0.050	0.440	8.900	0.016	0.525	0.014	PASA
q33	1.07%	8.80	0.050	0.440	8.900	0.016	0.384	0.033	PASA
q34	1.54%	11.00	0.050	0.550	11.100	0.016	0.575	0.003	PASA
q35	0.28%	7.50	0.050	0.375	7.600	0.016	0.166	0.001	PASA
q36	0.10%	12.50	0.050	0.625	12.600	0.016	0.167	0.002	PASA
q37	0.32%	12.50	0.050	0.625	12.600	0.016	0.298	0.002	PASA
q38	0.30%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.139	0.002	PASA
q39	0.06%	3.00	0.050	0.150	3.100	0.016	0.030	0.001	PASA
q40	0.16%	3.00	0.050	0.150	3.100	0.016	0.050	0.001	PASA
q41	0.36%	3.00	0.050	0.150	3.100	0.016	0.075	0.002	PASA
q42	0.41%	8.50	0.050	0.425	8.600	0.016	0.229	0.009	PASA
q43	2.43%	7.50	0.050	0.375	7.600	0.016	0.492	0.010	PASA
q44	1.00%	5.50	0.050	0.275	5.600	0.016	0.230	0.006	PASA
q45	1.65%	3.00	0.050	0.150	3.100	0.016	0.160	0.006	PASA
q46	0.52%	5.50	0.050	0.275	5.600	0.016	0.166	0.001	PASA
q47	0.74%	17.50	0.050	0.875	17.600	0.016	0.635	0.001	PASA
q48	1.42%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.300	0.006	PASA
q49	1.48%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.307	0.005	PASA
q50	0.12%	4.50	0.050	0.225	4.600	0.016	0.066	0.002	PASA

q51	0.49%	3.50	0.050	0.175	3.600	0.016	0.102	0.002	PASA
q52	0.16%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.085	0.003	PASA
q53	0.65%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.169	0.003	PASA
q54	0.59%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.161	0.003	PASA
q55	0.43%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.137	0.002	PASA
q56	0.21%	4.00	0.050	0.200	4.100	0.016	0.076	0.003	PASA
q57	1.66%	4.60	0.050	0.230	4.700	0.016	0.248	0.002	PASA
q58	1.66%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.352	0.024	PASA
q59	0.86%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.233	0.005	PASA
q60	1.43%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.327	0.003	PASA
q61	0.25%	3.50	0.050	0.175	3.600	0.016	0.073	0.001	PASA
q62	0.29%	10.75	0.050	0.538	10.850	0.016	0.242	0.001	PASA
q63	1.40%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.298	0.008	PASA
q64	1.63%	6.00	0.050	0.300	6.100	0.016	0.321	0.012	PASA
q65	0.19%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.120	0.050	PASA
q66	0.19%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.117	0.007	PASA
q67	0.15%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.104	0.080	PASA
q68	1.02%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.211	0.095	PASA
q69	1.32%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.386	0.011	PASA
q70	1.14%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.358	0.013	PASA
q71	0.25%	10.00	0.050	0.500	10.100	0.016	0.211	0.200	PASA
q72	0.23%	6.50	0.050	0.325	6.600	0.016	0.129	0.001	PASA
q73	0.10%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.066	0.001	PASA
q74	2.18%	4.00	0.050	0.200	4.100	0.016	0.246	0.003	PASA
q75	0.42%	2.50	0.050	0.125	2.600	0.016	0.067	0.000	PASA
q76	0.79%	9.00	0.050	0.450	9.100	0.016	0.337	0.005	PASA
q77	1.88%	8.00	0.050	0.400	8.100	0.016	0.461	0.003	PASA
q78	0.11%	2.60	0.050	0.130	2.700	0.016	0.035	0.001	PASA
q79	1.24%	4.50	0.050	0.225	4.600	0.016	0.209	0.012	PASA

q80	1.49%	4.00	0.050	0.200	4.100	0.016	0.203	0.002	PASA
q81	0.90%	11.00	0.050	0.550	11.100	0.016	0.441	0.003	PASA
q82	0.48%	5.50	0.050	0.275	5.600	0.016	0.159	0.015	PASA
q83	0.56%	4.00	0.050	0.200	4.100	0.016	0.125	0.003	PASA
q84	0.24%	4.50	0.050	0.225	4.600	0.016	0.092	0.003	PASA
q85	0.11%	4.50	0.050	0.225	4.600	0.016	0.062	0.003	PASA
q86	0.11%	5.00	0.050	0.250	5.100	0.016	0.068	0.003	PASA
q87	0.20%	7.00	0.050	0.350	7.100	0.016	0.132	0.001	PASA
q88	1.12%	14.00	0.050	0.700	14.100	0.016	0.624	0.020	PASA
q89	1.17%	7.00	0.050	0.350	7.100	0.016	0.318	0.004	PASA

Elaboración Propia

4.6.4.1. Conclusiones

- ✓ La pendiente mínima es de 0.06 % y la pendiente máxima de 2.43%
- ✓ Se realizó la comparación entre los caudales circundantes en cada sección de vía, con la capacidad máxima de caudal que tiene cada vía.
- ✓ Al realizar la comparación entre ambos caudales, se obtiene que todas las calles tienen caudales circundantes menores a su capacidad de sección, por lo cual la sección de la vía es suficiente para poder conducir y evacuar por gravedad las aguas producto de las lluvias.

4.6.5. Simulación Hidráulica del Área de Estudio

De acuerdo a los resultados obtenidos, las calles del área de estudio no requieren un diseño de cunetas. Sin embargo, existen algunas calles que de acuerdo a la topografía presentan puntos bajos, donde las aguas pluviales quedan acumuladas, al no existir la pendiente suficiente para que las mismas pueden transportarse hasta un punto de salida.

Por este motivo se realizó una simulación hidráulica del área de estudio, con la finalidad de poder observar con mayor claridad, cuales son las zonas que presentan problemas de inundaciones.

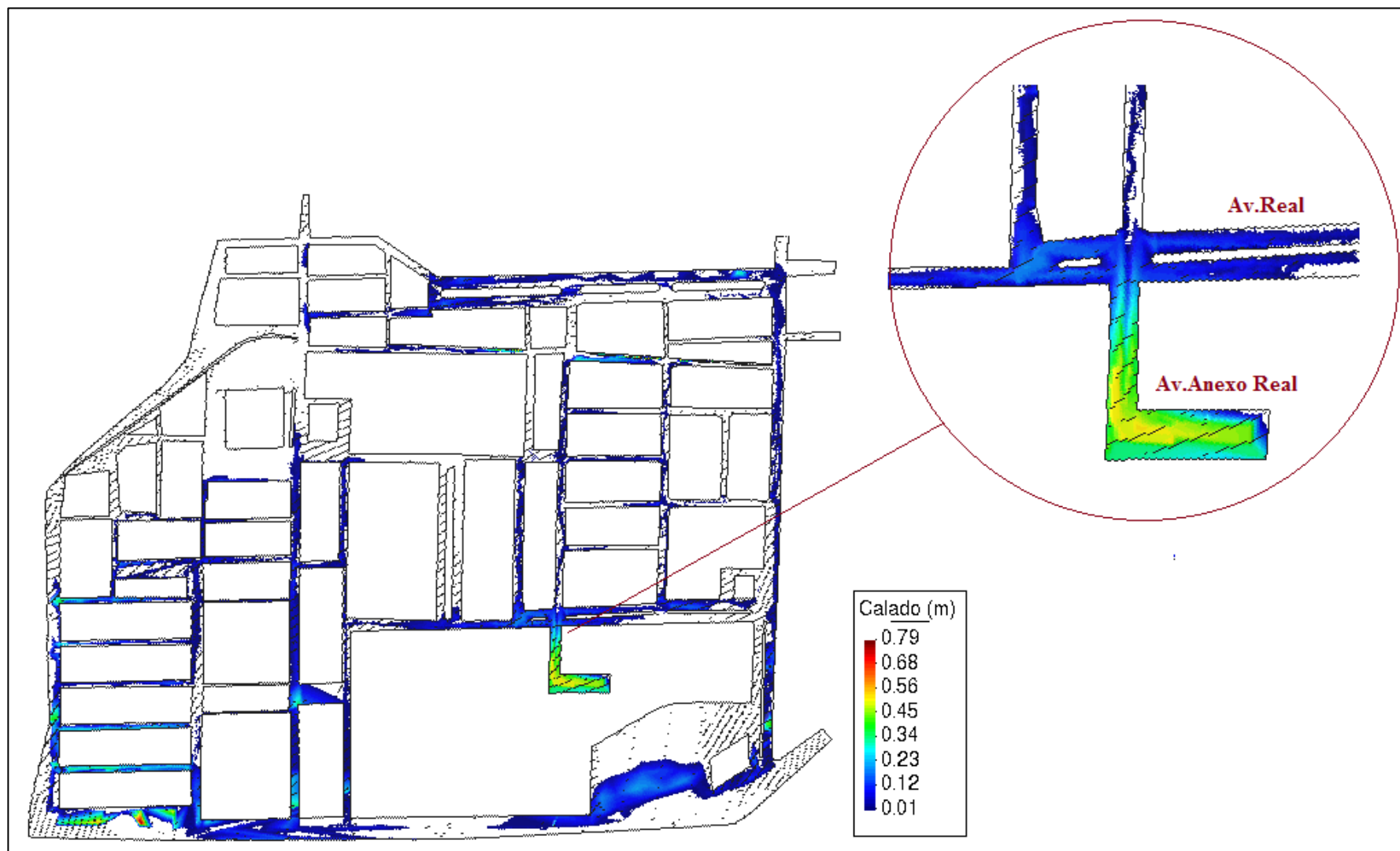
Para realizar la simulación se emplearon los programas ARCGIS e IBER 2D. El primero se empleó para delimitar el área de estudio, para luego mediante el IBER 2D proceder a realizar la simulación y obtener los resultados requeridos. En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos.

Figura N° IV.21: Zona Inundable-Avenida San Martin



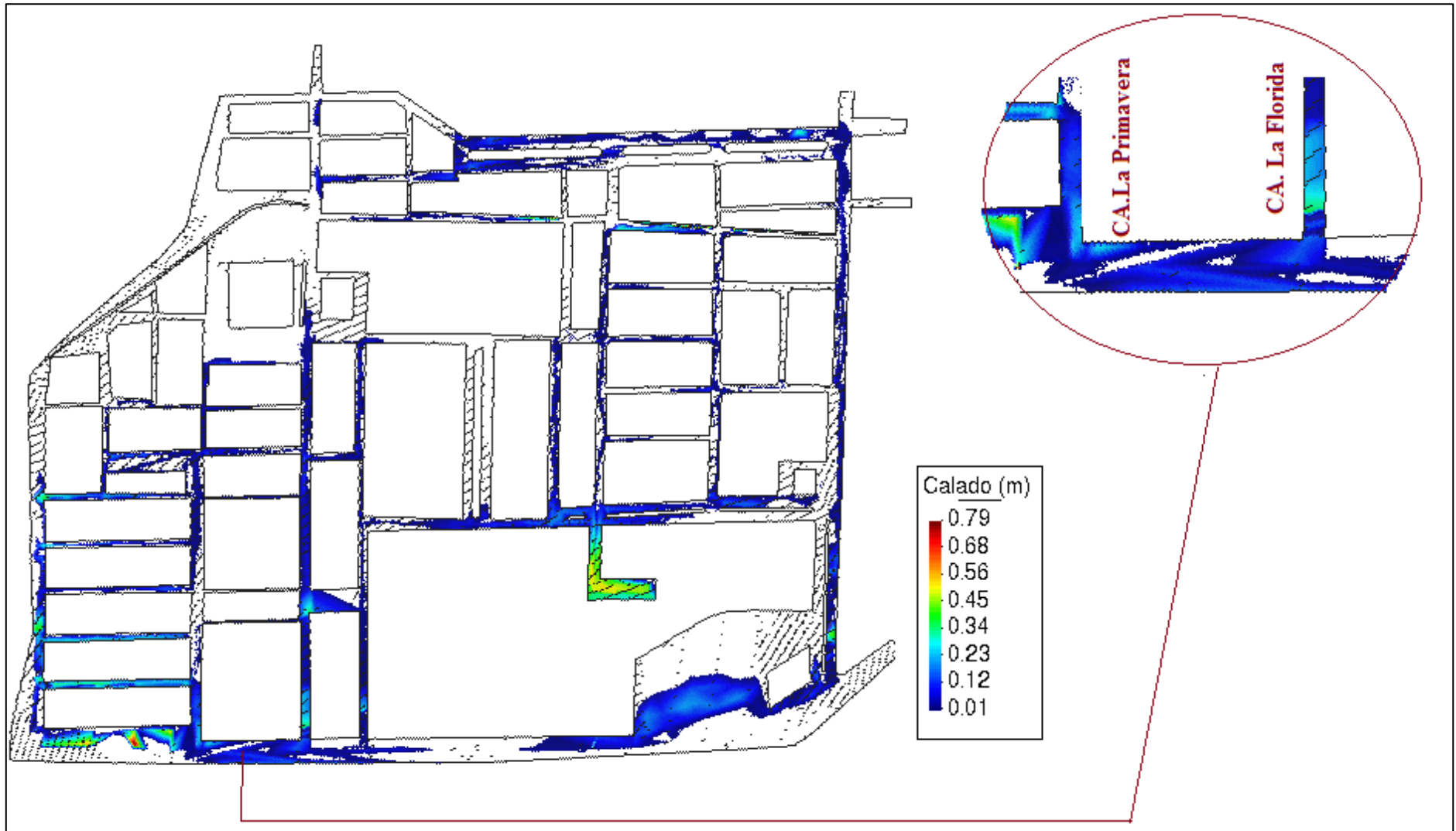
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.22: Zona Inundable-Av. Real y Av. Anexo Real



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.23: Zona Inundable-Calle La Primavera y Calle La Florida



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.24: Zona Inundable-Av. Trapiche



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación hidráulica, se puede corroborar que los puntos bajos se presentan en la Av. San Martín, Av. Real, en la Calle La Florida y Calle La Primavera, en las cuales se plantea la instalación de sumideros, para la captación de toda el agua que se acumula en los puntos bajos producto de las lluvias. En la Av. Trapiche de igual manera se plantea la instalación de sumideros para recolectar toda el agua que baja de la parte superior (aguas arriba), con la finalidad de evitar las inundaciones aguas abajo, como se puede observar en la Figura N° IV.24.

4.6.1. Diseño de Sumideros

Para la solución a este problema, se plantea el diseño de sumideros tipo ventana, como la mejor alternativa para recoger las aguas pluviales y poder conducir estas mismas a través de una red de drenaje subterránea, para finalmente lograr evacuarlas por medio del “Dren Huaca Brava”, ubicado en la parte baja de la cuenca.

De acuerdo a los registros de las lluvias ocurridas en el Distrito de Pátapo, se ha podido observar cómo se presentan las inundaciones en las calles que tienen puntos bajos. De esta manera se ha verificado con la topografía, con la cual se puede constatar que realmente las calles para la cual se plantea el diseño, tienen ese problema susceptible a inundarse durante el periodo de lluvias.

Se plantea el diseño de sumideros laterales o tipo ventana, porque son los que mejor se comportan para las pendientes que se tiene en la cuenca en estudio, estos sumideros son recomendables para aquellas vías o calles que tienen una pendiente longitudinal $< 3\%$.

A. Avenida San Martín

Figura N° IV.25: Inundación en Avenida San Martín



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la dirección de sentido de flujo que tienen las calles, se determinó el área aportante que tendrá la Av. San Martín. El área aportante se muestra en la siguiente figura:

Figura N° IV.26: Área Aportante a la Av. San Martín



Fuente: Elaboración Propia

Se determinó el caudal mediante el método racional, el cual se empleó en el Ítem 4.5.13.

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

$$Q = 0.278 * 0.81 * 5.79 * 0.0585 = 0.08 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal obtenido se empleó para calcular la longitud de ventana del sumidero lateral requerido para recoger la cantidad de volumen a evacuar. Se empleó la siguiente fórmula, la cual es aplicable para sumideros laterales o de solera.

$$L_t = 0.817 * Q^{0.42} * S_o^{0.30} * \left(\frac{1}{n * S_x}\right)^{0.60}$$

-Caudal (Q)= 0.08 m³/s

-Pendiente longitudinal (So) = 0.0038 m/m

-Pendiente transversal (Sx) = 0.02 m/m

-Rugosidad del asfalto (n) = 0.016

-Longitud total requerida (Lt)

$$L_t = 0.817 * 0.08^{0.42} * 0.0038^{0.30} * \left(\frac{1}{0.016*0.02}\right)^{0.60} = 6.51 \text{ m}$$

$L_t = 6.51 \text{ m}$ (para un sumidero)

$$L = \frac{6.51}{3} = 2.17 \text{ m (para 3 sumideros)}$$

Se opta por una longitud de ventana de $L= 2 \text{ m}$

Calculando la eficiencia que tendrán los 3 sumideros:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_t}\right)^{1.8}$$

-Eficiencia (E)

-Longitud asumida (L)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{2}{6.51}\right)^{1.8} = 98.98\%$$

La instalación de 3 sumideros garantiza una eficiencia muy alta, con respecto al volumen de agua a evacuar de la Av. San Martin

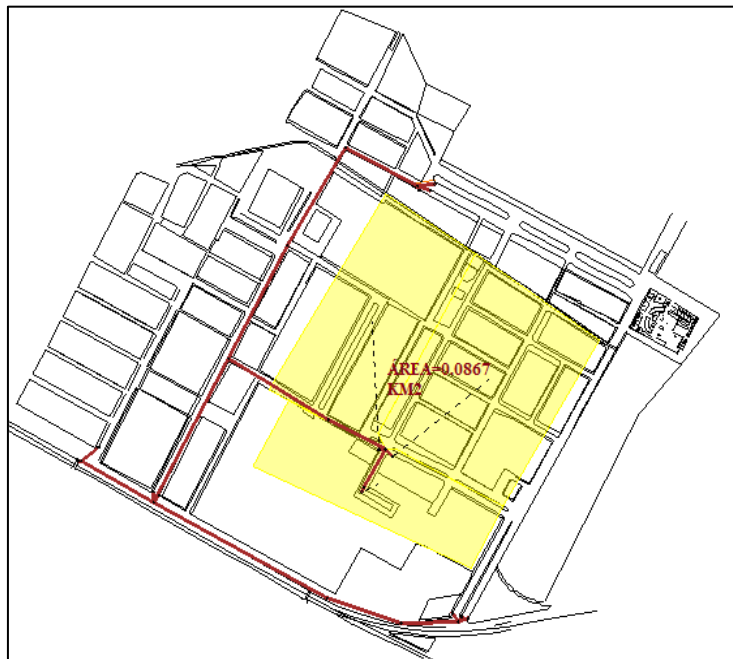
B. Avenida Real y Anexo Av. Real

Figura N° IV.27: Inundaciones en Av. Real y Anexo Av. Real



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.28: Área Aportante a la Av. Real y Anexo Av. Real



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del caudal

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

$$Q = 0.278 * 0.81 * 5.79 * 0.0867 = 0.113 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo de la Longitud de Ventana

-Caudal (Q)= 0.113 m³/s

-Pendiente longitudinal (So) = 0.0019 m/m

-Pendiente transversal (S_x) = 0.02 m/m

-Rugosidad del asfalto (n) = 0.016

-Longitud total requerida (L_t)

$$L_t = 0.817 * 0.113^{0.42} * 0.0019^{0.30} * \left(\frac{1}{0.016*0.02}\right)^{0.60} = 6.2 \text{ m}$$

$L_t = 6.2 \text{ m}$ (para un sumidero)

$$L = \frac{6.2}{3} = 2.08 \text{ m (para 3 sumideros)}$$

Se opta por una longitud de ventana de $L = 2 \text{ m}$

Calculando la eficiencia que tendrán los 3 sumideros:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_t}\right)^{1.8}$$

-Eficiencia (E)

-Longitud asumida (L)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{2}{6.51}\right)^{1.8} = 98.72\%$$

La instalación de 3 sumideros garantiza una eficiencia muy alta, con respecto al volumen de agua a evacuar de la Av. Real

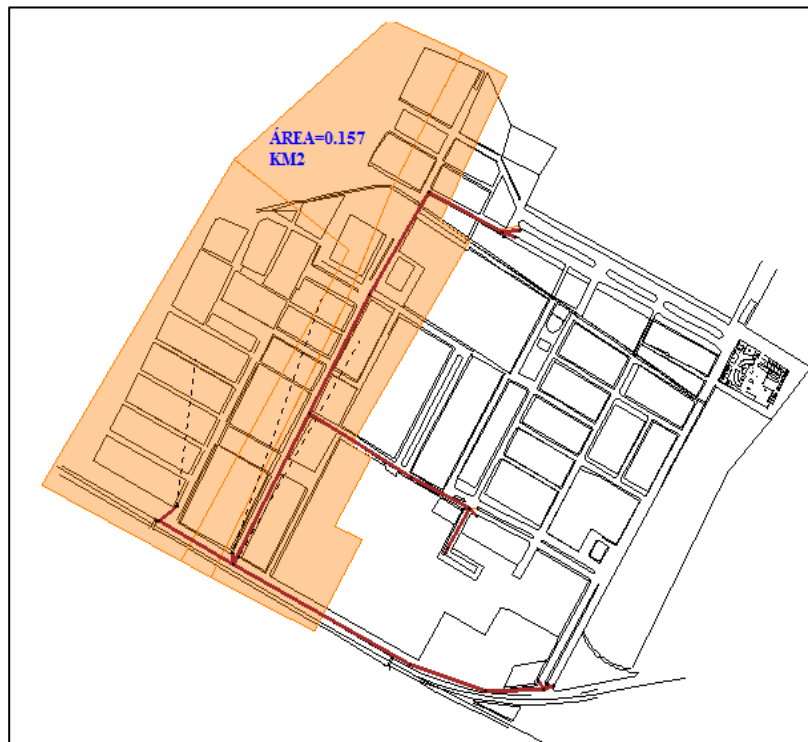
C. Calle la Florida

Figura N° IV.29: Inundaciones en Calle la Florida



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.30: Área Aportante a la Calle la Florida



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del caudal

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

$$Q = 0.278 * 0.81 * 5.79 * 0.157 = 0.20 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo de la Longitud de Ventana

-Caudal (Q)= 0.20 m³/s

-Pendiente longitudinal (So) = 0.0198 m/m

-Pendiente transversal (Sx) = 0.02 m/m

-Rugosidad del asfalto (n) = 0.016

-Longitud total requerida (Lt)

$$L_t = 0.817 * 0.20^{0.42} * 0.0198^{0.30} * \left(\frac{1}{0.016*0.02}\right)^{0.60} = 10.2 \text{ m}$$

$L_t = 10.2 \text{ m}$ (para un sumidero)

$$L = \frac{10.2}{3} = 3.4 \text{ m (para 3 sumideros)}$$

Se opta por una longitud de ventana de $L= 2.5 \text{ m}$

Calculando la eficiencia que tendrán los 3 sumideros:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_t}\right)^{1.8}$$

-Eficiencia (E)

-Longitud asumida (L)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{2.5}{10.2}\right)^{1.8} = 90.86\%$$

La instalación de 3 sumideros garantiza una eficiencia muy alta, con respecto al volumen de agua a evacuar de la Calle la Florida.

D. Avenida Trapiche

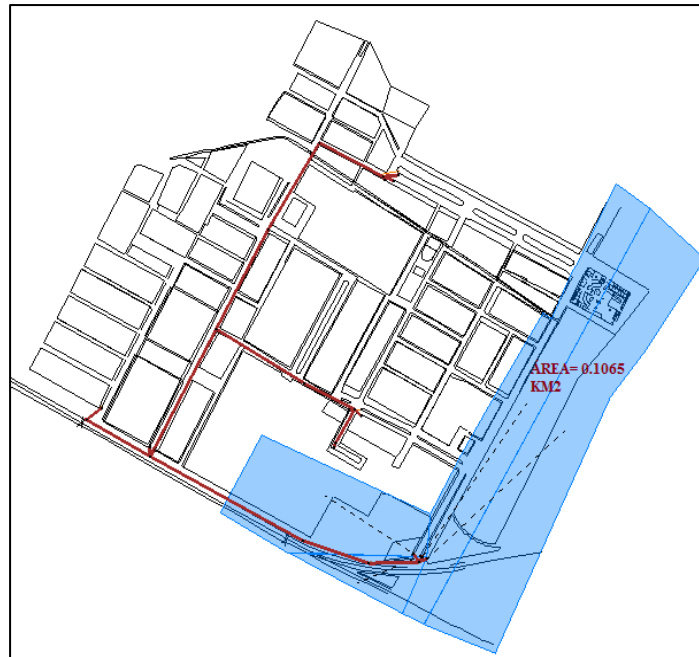
Se plantea la instalación de sumideros en esta avenida, para que así estos mismos puedan recoger las aguas que caen arriba y puedan conducirlos hacia el sistema subterráneo de tuberías y poder evacuarlas hacia el punto final “Dren”.

Figura N° IV.31: Avenida Trapiche



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.32: Área Aportante a la Avenida Trapiche



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del caudal

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

$$Q = 0.278 * 0.81 * 5.79 * 0.1065 = 0.14 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo de la Longitud de Ventana

-Caudal (Q)= 0.14 m³/s

-Pendiente longitudinal (S_o) = 0.0145 m/m

-Pendiente transversal (S_x) = 0.02 m/m

-Rugosidad del asfalto (n) = 0.016

-Longitud total requerida (L_t)

$$L_t = 0.817 * 0.14^{0.42} * 0.0145^{0.30} * \left(\frac{1}{0.016+0.02} \right)^{0.60} = 12.5 \text{ m}$$

L_t = 10.2 m (para un sumidero)

$$L = \frac{12.5}{4} = 3.13 \text{ m (para 4 sumideros)}$$

Se opta por una longitud de ventana de $L= 2.5$ m

Calculando la eficiencia que tendrán los 4 sumideros:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_t}\right)^{1.8}$$

-Eficiencia (E)

-Longitud asumida (L)

$$E = 1 - \left(1 - \frac{2.5}{12.5}\right)^{1.8} = 94.40\%$$

La instalación de 4 sumideros garantiza una eficiencia muy alta, con respecto al volumen de agua a evacuar de la Avenida Trapiche.

4.6.1. Diseño del Sistema de Tuberías

Se plante un sistema subterráneo con tuberías PVC. Luego de evaluar los lugares de ubicación de los sumideros, se procedió a determinar el diámetro de las tuberías que serán necesarias para la evacuación del volumen estimado para cada uno de los puntos establecidos.

Se realizó la modelación del sistema de drenaje: Sumideros, pozos de registro y tuberías, haciendo uso del programa SEWERGEMS, el cual es uno del software más utilizado para el diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano.

4.6.1.1. Criterios de Diseño

Se deben tener en cuenta ciertos criterios establecidos en la norma OS.060, para proceder a realizar el diseño del sistema de drenaje usando el SEWERGEMS.

A. Velocidad Mínima y Máxima

Con respecto a la velocidad mínima que deben tener los colectores pluviales (tuberías), la norma indica que esta debe ser de 0.90 m/s, con la finalidad de poder evitar la sedimentación de las partículas que acarrearán las aguas producto de las lluvias. En el caso que no se cumpla con este parámetro, debe justificarse el criterio establecido.

De acuerdo a la norma OS.060, recomienda que, para establecer la velocidad máxima de los colectores, no se debe exceder de los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla N° IV.55: Velocidad máxima para colector de agua pluvial (tuberías)

MATERIAL DE LA TUBERÍA	VELOCIDAD DEL AGUA CON FRAGMENTOS DE ARENA Y GRAVA (m/s)	
Arcila Vitrificada	3.5	
Policloruro de vinilo PVC	6	
Concreto armado de:	20.6 Mpa (210 kg/cm ²)	3.3
	24.5 Mpa (250 kg/cm ²)	4
	27.5 Mpa (280 kg/cm ²)	4.3
	30.9 Mpa (315 kg/cm ²)	5
Concreto armado de > 27.5 Mpa (280 kg/cm ²) curado a vapor	6.6	
Hierro fundido dúctil	3	
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3	
Polietileno de alta densidad (HDPE)	6	

Fuente: Norma OS.60 Drenaje Pluvial Urbano

Figura N° IV.33: Velocidad máxima y mínima

The image shows a software interface window titled "Default Constraints". It has four tabs: "Velocity", "Cover", "Slope", and "Tractive Stress". The "Velocity" tab is active. Below the tabs, there are three input fields: "Velocity Constraints Type:" with a dropdown menu set to "Simple"; "Velocity (Minimum):" with a text box containing "0.90" and "m/s" to its right; and "Velocity (Maximum):" with a text box containing "6.00" and "m/s" to its right.

Fuente: SEWERGEMS

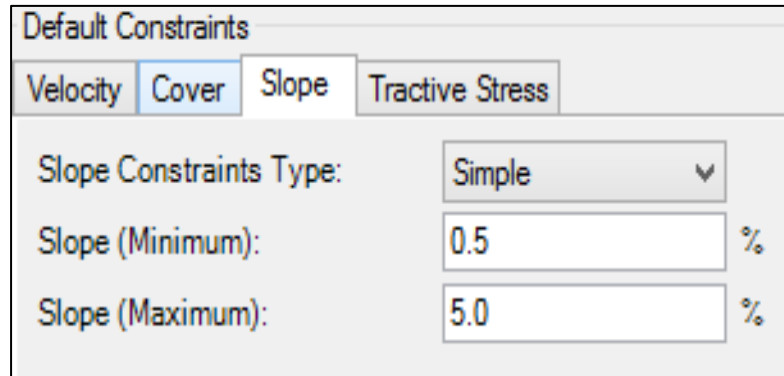
B. Pendiente

Esta es un parámetro muy importante para el diseño de un sistema de drenaje pluvial, como también para los sistemas de alcantarillado sanitario y agua potable. La norma OS.060, dispone que la pendiente mínima es aquella que satisface la velocidad mínima. Sin embargo, optando algunos criterios de los proyectos ya ejecutados y sobre todo que han presentado un buen funcionamiento, se establece utilizar una pendiente mínima de 0.5%, para que así en los tramos de las redes de drenaje no se produzca el problema de

contraflujo, el cual es un problema grave que afectaría en la totalidad del funcionamiento del sistema.

Con respecto a la pendiente máxima, esta se establece en base a que no se supere la velocidad máxima. Para el modelamiento del sistema en el SEWERGEMS, se establece una pendiente máxima del 5%.

Figura N° IV.34: Pendiente máxima y mínima



Default Constraints			
Velocity	Cover	Slope	Tractive Stress
Slope Constraints Type:	Simple		
Slope (Minimum):	0.5	%	
Slope (Maximum):	5.0	%	

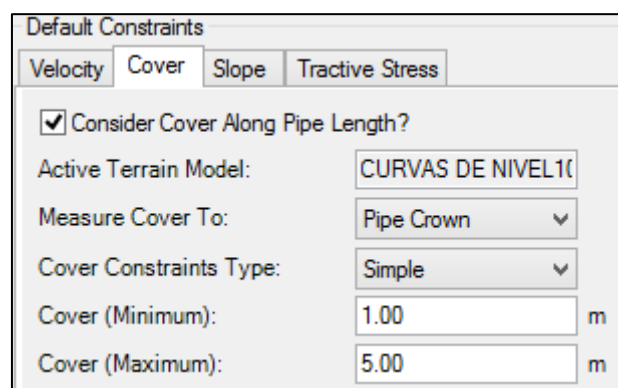
Fuente: SEWERGEMS

C. Cobertura

La cobertura es la altura de relleno que debe tener el sistema subterráneo de tubería. La norma indica que la profundidad mínima medida desde la rasante del pavimento hasta la clave de la tubería debe ser 1 m.

Para el presente diseño se ha establecido una cobertura mínima de 1 m y una cobertura máxima de 5m.

Figura N° IV.35: Cobertura máxima y mínima



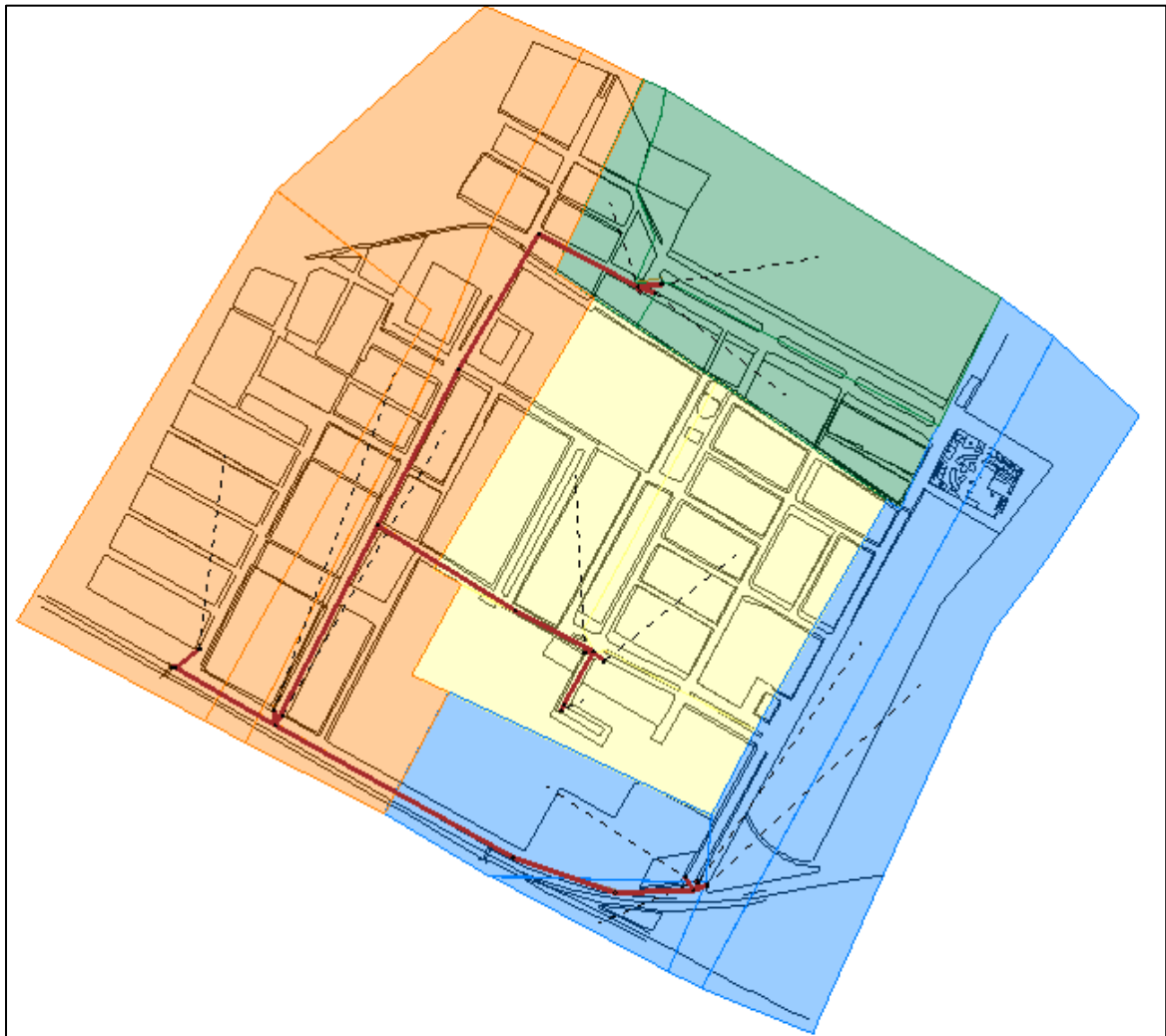
Default Constraints			
Velocity	Cover	Slope	Tractive Stress
<input checked="" type="checkbox"/> Consider Cover Along Pipe Length?			
Active Terrain Model:	CURVAS DE NIVEL10		
Measure Cover To:	Pipe Crown		
Cover Constraints Type:	Simple		
Cover (Minimum):	1.00	m	
Cover (Maximum):	5.00	m	

Fuente: SEWERGEMS

4.6.1.2. Resultados

Luego de establecer los criterios necesarios para el diseño del sistema de drenaje, se procedió a realizar el modelamiento en el SEWERGEMS. Se definió el tipo de sumideros a emplear, el material de las tuberías y los pozos de registro o inspección. Para que el trazado de las redes de tuberías sea más sencillo, se trazaron los tramos de tuberías en el AutoCAD 2019, para luego exportarlos al SEWERGEMS. Se exportaron las curvas de nivel y finalmente se establecieron las áreas para cada uno de los puntos donde se ubicaron las estructuras recolectoras de aguas de lluvia (sumideros).

Figura N° IV.36: Redes de Tuberías del Sistema de Drenaje



Fuente: Elaboración Propia (SEWERGEMS)

Tabla N° IV.56: Resultado Finales del Sistema de Drenaje

TRAMO		COTA INICIO		H inicio(m)	COTA FINAL		H Final(m)	Longitud Tramo (m)	D requerido (m)	D mínimo(m)	S (%)	n	Q (m3/s)	V(m/s)	y/D (%)	D final (m)
		C.TAPA	C.FONDO		C.TAPA	C.FONDO										
S-1	R-1	90.54	89.34	1.2	90.41	89.11	1.3	19.5	0.20	0.25	1.20%	0.009	0.047	1.54	69.30	0.25
S-2	R-1	90.52	89.32	1.2	90.41	89.11	1.3	14.8	0.14	0.25	1.40%	0.009	0.019	1.25	41.40	0.25
S-3	R-1	90.4	89.20	1.2	90.41	89.11	1.3	4.7	0.12	0.25	1.90%	0.009	0.010	0.92	31.60	0.25
R-1	R-2	90.41	89.11	1.3	90.40	88.4	2.0	90.25	0.25	0.45	0.80%	0.009	0.075	1.54	40.50	0.45
R-2	R-3	90.40	88.4	2.0	88.54	86.54	2.0	123.9	0.25	0.45	1.50%	0.009	0.072	1.96	36.50	0.45
R-3	R-7	88.54	86.54	2.0	86.82	84.02	2.8	138.5	0.22	0.45	1.80%	0.009	0.068	1.92	35.70	0.45
S-4	R-4	86.5	85.5	1.0	86.5	85.3	1.2	5.4	0.16	0.25	1.80%	0.009	0.027	1.21	53.60	0.25
R-4	R-5	86.5	85.3	1.2	86.85	85.05	1.8	47.9	0.21	0.25	0.50%	0.009	0.027	1.21	36.30	0.25
S-5	R-5	86.89	85.69	1.2	86.85	85.05	1.8	11.35	0.19	0.25	2.10%	0.009	0.046	1.35	72.20	0.25
S-6	R-5	86.910	85.59	1.3	86.85	85.05	1.8	7.3	0.16	0.25	2.20%	0.009	0.039	1.63	61.30	0.25
R-5	R-6	86.85	85.05	1.8	86.91	84.7	2.2	70.8	0.33	0.45	0.50%	0.009	0.109	1.70	49.30	0.45
R-6	R-7	86.91	84.7	2.2	86.82	84.02	2.8	129.5	0.33	0.45	0.50%	0.009	0.105	1.68	55.10	0.45
S-7	R-8	85.85	84.65	1.2	85.79	84.59	1.2	12	0.16	0.25	0.50%	0.009	0.031	1.24	70.10	0.25
S-8	S-9	85.73	84.73	1.0	85.92	84.72	1.2	2.4	0.18	0.25	1.20%	0.009	0.008	0.90	31.20	0.25
S-9	R-8	85.92	84.72	1.2	85.79	84.59	1.2	7	0.17	0.25	1.80%	0.009	0.047	1.36	73.00	0.25
S-10	R-8	85.91	84.71	1.2	85.79	84.59	1.2	11.6	0.20	0.25	1.00%	0.009	0.061	1.90	76.00	0.25
R-8	R-9	85.79	84.59	1.2	85.49	84.29	1.2	63.2	0.22	0.45	0.50%	0.009	0.137	1.80	56.10	0.45
R-9	R-10	85.49	84.29	1.2	85.26	84.06	1.2	86.8	0.32	0.45	0.50%	0.009	0.133	1.79	55.20	0.45
R-10	R-11	85.26	84.06	1.2	85.11	83.2	1.9	218.5	0.37	0.45	0.50%	0.009	0.128	1.77	72.80	0.45
S-11	R-11	85.12	83.82	1.3	85.11	83.2	1.9	11.5	0.16	0.25	1.90%	0.009	0.051	1.37	77.40	0.25
S-12	R-11	85.15	83.85	1.3	85.11	83.2	1.9	10	0.15	0.25	2.50%	0.009	0.068	1.50	70.00	0.25
S-13	R-12	84.70	83.5	1.2	84.54	82.74	1.8	24	0.19	0.25	1.90%	0.009	0.081	1.74	73.50	0.25
R-7	R-11	86.82	84.02	2.8	85.11	83.2	1.9	176.5	0.37	0.45	0.50%	0.009	0.161	1.87	61.40	0.45
R-11	R-12	85.11	83.2	1.9	84.54	82.74	1.8	91.9	0.54	0.63	0.50%	0.009	0.359	2.29	66.80	0.63
R-12	DREN		81.2					3	0.61	0.63		0.009	0.415	2.37	67.10	0.63

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.57: Verificación de Velocidades Calculadas

TRAMO		V calculada(m/s)	V mínima (m/s)	V máxima (m/s)	Verificación de V (m/s)
S-1	R-1	1.54	0.90	6.00	CUMPLE
S-2	R-1	1.25	0.90	6.00	CUMPLE
S-3	R-1	0.92	0.90	6.00	CUMPLE
R-1	R-2	1.54	0.90	6.00	CUMPLE
R-2	R-3	1.96	0.90	6.00	CUMPLE
R-3	R-7	1.92	0.90	6.00	CUMPLE
S-4	R-4	1.21	0.90	6.00	CUMPLE
R-4	R-5	1.21	0.90	6.00	CUMPLE
S-5	R-5	1.35	0.90	6.00	CUMPLE
S-6	R-5	1.63	0.90	6.00	CUMPLE
R-5	R-6	1.70	0.90	6.00	CUMPLE
R-6	R-7	1.68	0.90	6.00	CUMPLE
S-7	R-8	1.24	0.90	6.00	CUMPLE
S-8	S-9	0.90	0.90	6.00	CUMPLE
S-9	R-8	1.36	0.90	6.00	CUMPLE
S-10	R-8	1.90	0.90	6.00	CUMPLE
R-8	R-9	1.80	0.90	6.00	CUMPLE
R-9	R-10	1.79	0.90	6.00	CUMPLE
R-10	R-11	1.77	0.90	6.00	CUMPLE
S-11	R-11	1.37	0.90	6.00	CUMPLE
S-12	R-11	1.50	0.90	6.00	CUMPLE
S-13	R-12	1.74	0.90	6.00	CUMPLE
R-7	R-11	1.87	0.90	6.00	CUMPLE
R-11	R-12	2.29	0.90	6.00	CUMPLE
R-12	DREN	2.37	0.90	6.00	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1.3. Conclusiones

- ✓ La Norma OS.060 establece que diámetro mínimo de tubería en los tramos sumidero-poso de registro, sea de 250mm, mientras para aquellos tramos poso de registro-poso de registro, sea de 450mm.
- ✓ El diámetro calculado que requieren los tramos de tuberías para evacuar las aguas pluviales es menor el diámetro mínimo dispuesto en la norma, por lo cual se ha establecido como diámetro final para el sistema de tuberías el mínimo.
- ✓ La relación y/D (tirante/diámetro), indica la capacidad a la cual estaría trabajando la tubería, que de acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que la capacidad es aceptable.
- ✓ La altura máxima de los pozos de registro es de 2.80m, la cual se presenta en el R-7 (poso de registro 7).
- ✓ La altura máxima de los sumideros es de 1.30 m y la altura mínima es de 1m.
- ✓ El caudal final a evacuar es 0.415

4.6.2. Evaluación de un Sistema de Reutilización para las aguas de lluvia

En la actualidad es muy importante no desperdiciar el agua y reutilizarla en los casos que fueran posibles. Para el presente proyecto se ha realizado una evaluación para conocer la viabilidad de una posible instalación de un sistema para la reutilización de las aguas de lluvia.

4.6.2.1. Celdas Aquacell - Pavco

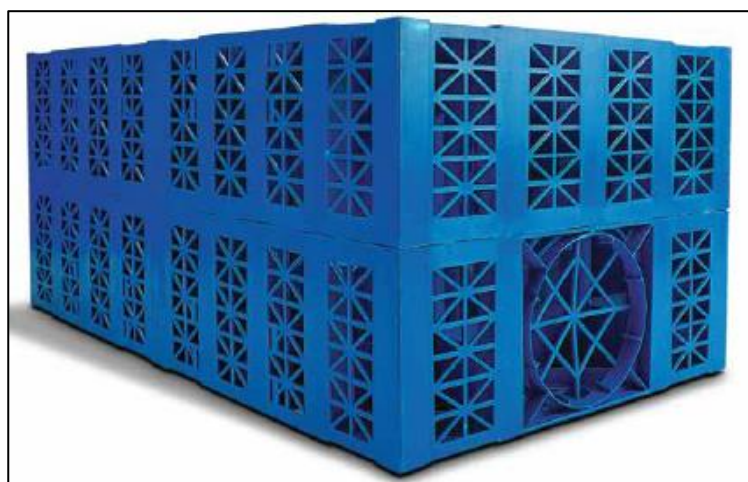
Es una tecnología de origen europeo, muy importante para el desarrollo sostenible en cuanto a sistema de drenaje, porque se basa en el almacenamiento de las aguas de lluvia, para que luego estas puedan ser reusadas para el riego de las áreas verdes, limpieza o también ser reutilizadas en los servicios sanitarios, como en algunos países se viene implementando este sistema.

La unidad aquacell es de forma modular (1 m x 0.50 m x 0.39 m), muy liviana de 9k y tiene una capacidad de 185 litros.

Para que el sistema funcione como almacenamiento, este se envuelve en geomembrana, para que asegure la impermeabilidad del sistema, además se instala un geotextil, la cual tiene como función proteger a la geomembrana ante un punzonamiento.

Para que el sistema tenga la función de Infiltración, solo se instala un geotextil, que tiene la función de asegurar la infiltración del agua hacia el suelo.

Figura N° IV.37: Celda Aquacell-Pavco



Fuente: Mexichem Pavco

Se realizó una evaluación para poder observar los lugares de ubicación para la posible instalación de estas estructuras. Las zonas donde podrían ubicarse son lugares estratégicos donde existe un área que se puede aprovechar y también teniendo en cuenta el planteamiento del sistema de drenaje pluvial, donde se encuentran ubicados los sumideros y los pozos de registro, para que así el almacenamiento en las celdas aquacell sea de mayor facilidad. Las posibles áreas que se pueden aprovechar son exclusivamente los parques que se encuentran dentro del área de estudio.

Figura N° IV.38: Parques del Distrito de Pátapo



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.58: Áreas Aprovechables para la instalación de las Celdas Aquacell

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES A EXCAVAR			N° CELDAS AQUACELL	DIMENSIONES DE LA CELDA AQUACELL			VOOLUMEN (m3)
	LARGO (m)	ANCHO(m)	PROFUNDIDAD (m)		LARGO (m)	ANCHO(m)	ALTURA(m)	
AV.SAN MARTIN	3	3	1.2	55	1	0.5	0.39	10.80
AV. REAL	3	3	1.5	69	1	0.5	0.39	13.50
AV. TRAPICHE	3	3	1.2	55	1	0.5	0.39	10.80

Fuente: Elaboración Propia

Del Ítem 4.6.2, se tiene el volumen total a evacuar

-Volumen total a evacuar = 358.59 m³

De la Tabla N°IV.51, se tiene el volumen total a aprovechar

-Volumen total a aprovechar = 10.80+13.50+10.80= 35.10 m³

Calculando el porcentaje de volumen a aprovechar:

$$\% \text{Volumen a Aprovechar} = \frac{35.10}{358.59} * 100 = 9.78\%$$

4.6.2.2. Comparación entre Celdas Aquacell y Concreto Armado

Se realizó una comparación, en base a un criterio económico de instalación entre las estructuras conformadas por celdas aquacell y estructuras de concreto armado, para el almacenamiento y reutilización de las aguas de lluvia. Evaluando los materiales a utilizar para la instalación de los dos tipos de estructuras, se tiene lo siguiente:

Tabla N° IV.59: Evaluación de Costos: Celdas Aquacell vs Concreto Armado

CRITERIO ECONÓMICO					
Alternativa N°01			Alternativa N°02		
Estructura de Concreto			Celdas AQUACELL		
Costo S/.	Concreto	4906.99	Costo S/.	Geomembrana	1800.96
	Encofrado y Desencofrado	3895.15		Geotextil	1772.17
	Acero de Refuerzo	6454.18		Cama de Arena	120.11
S/.		15256.33	S/.		6107.25

Fuente: Elaboración Propia

4.6.2.3. Conclusiones

- ✓ Las áreas que se pueden aprovechar, constituyen básicamente los parques, los cuales tienen plantaciones de árboles, por lo que solo se puede aprovechar una pequeña área.
- ✓ El volumen a aprovechar con la instalación de las estructuras conformadas con celdas aquacell, solo representa el 9.78% del volumen total a evacuar, por lo tanto, la instalación de un sistema para la reutilización de las aguas de lluvia, no sería viable.
- ✓ El costo de las estructuras con celdas aquacell, tiene un costo en un 60% menor que las estructuras de concreto armado.

4.7. Modelamiento del Dren

Luego de determinar el caudal final a evacuar, se procedió a realizar el modelamiento del dren, para poder verificar el comportamiento, si la capacidad de sección que presenta este es suficiente para conducir el caudal final o si presentaría alguna deficiencia al conducir el caudal de 0.415 m³/s.

Para realizar el modelamiento, se utilizaron los programas ARGIS e IBER 2D.

A. Aplicación del Modelo ARCGIS

Para proceder a realizar el cálculo, primeramente, se debe contar con el levantamiento topográfico, para que este archivo pueda ser exportado al ARCGIS, y poder delimitar el contorno del dren en estudio.

Se inicia el ArcMap, para cargar el archivo en formato tif, previamente obtenido desde el Civil 3D. Una vez cargado el archivo la finalidad es delimitar el dren, por la cual:

- ✓ Se crea un nuevo formato denominado Shapefile en la pestaña catalog, en la misma carpeta donde se encuentra guardada el archivo en formato tif. Este se crea con tipo polígono y se asigna las mismas coordenadas geográficas en las que se encuentra el archivo a trabajar.
- ✓ Luego se procede a delimitar el contorno de la superficie en este caso del dren, utilizando la pestaña Editor toolbar con la cual se selecciona el shapefile creado y se inicia a trazar todo el contorno de la superficie.

- ✓ Una vez delimitada la superficie, se procede a guardar en un formato ASCII, mediante la pestaña Arctoolbox-From ráster-ráster to ASCII. Este formato servirá para importar al IBER y así poder realizar la modelación y obtener los resultados requeridos.

Para la delimitación del dren en el ARCGIS, también se referenció la superficie con el Google Earht, para así poder obtener una imagen satelital y poder trabajar con mayor facilidad y entendimiento.

La delimitación de la superficie se puede observar en la siguiente imagen:

Figura N° IV.39: Delimitación del Dren



Fuente: Elaboración Propia

B. Modelo IBER

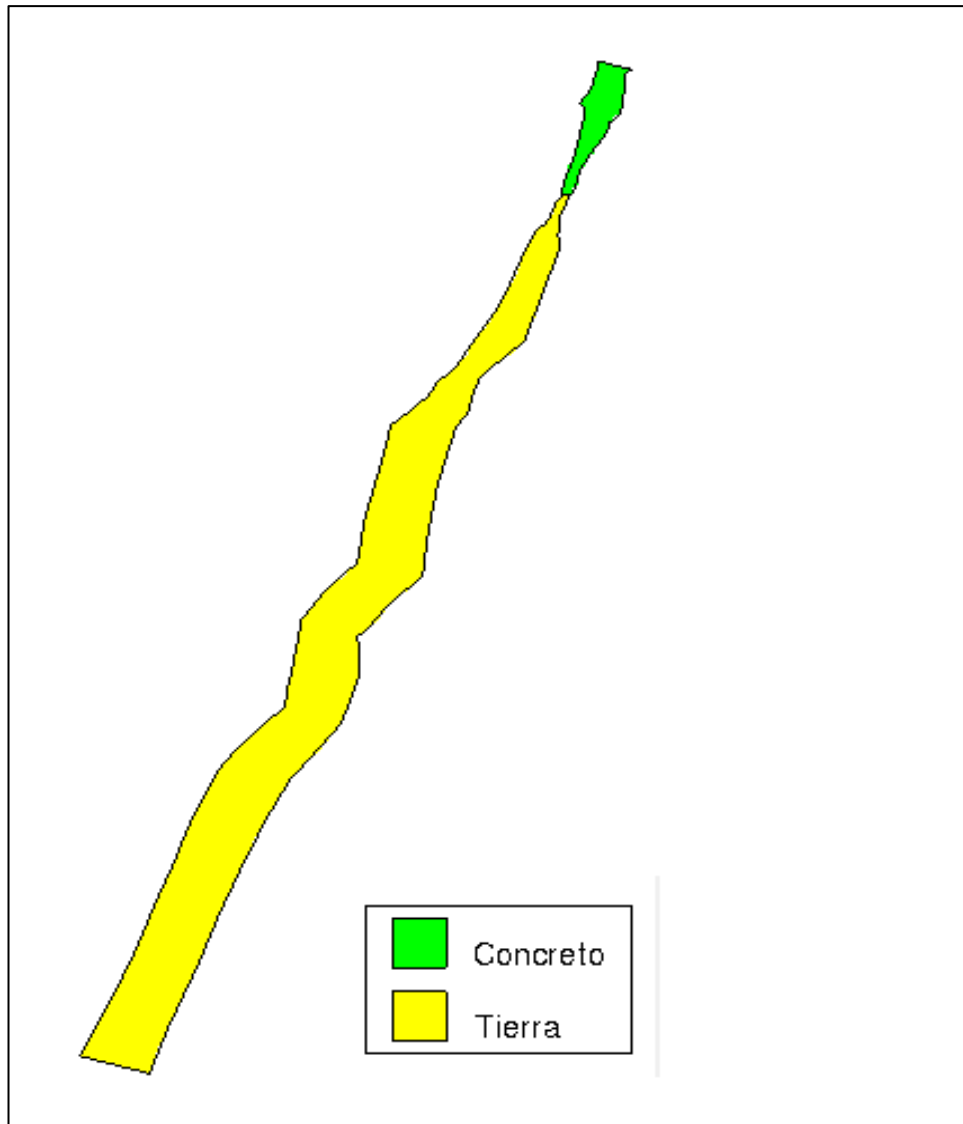
El IBER es un modelo de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente. En este programa se pueden realizar una gran variedad de modelos con aplicación en hidráulica y dinámica fluvial. Lo más importante de este modelo, es que es bidimensional y presenta una gran variedad de ventajas frente a los modelos unidimensionales, debido a que estos modelos bidimensionales son capaces de realizar una simulación con un mayor ajuste a la realidad.

De acuerdo con el Manual básico de IBER: Para poder realizar un cálculo se debe seguir los siguientes pasos:

- ✓ Importar o crear una geometría
- ✓ Asignar parámetros de entrada (rugosidad, modelo de turbulencia, etc.)
- ✓ Asignar condiciones de contorno de entrada.
- ✓ Asignar parámetros para el cálculo (tiempo de cálculo, resultados requeridos, etc.).
- ✓ Crear una malla para el cálculo.
- ✓ Proceder a realizar el cálculo.

Una vez importado nuestra geometría en formato ASCII que se trabajó en el ARGIS, se procede a asignar el parámetro de rugosidad y posteriormente a crear una malla para la superficie. Finalmente se asignan los parámetros que se requieren para realizar el cálculo final.

Figura N° IV.40: Asignación de rugosidad a la superficie del Dren

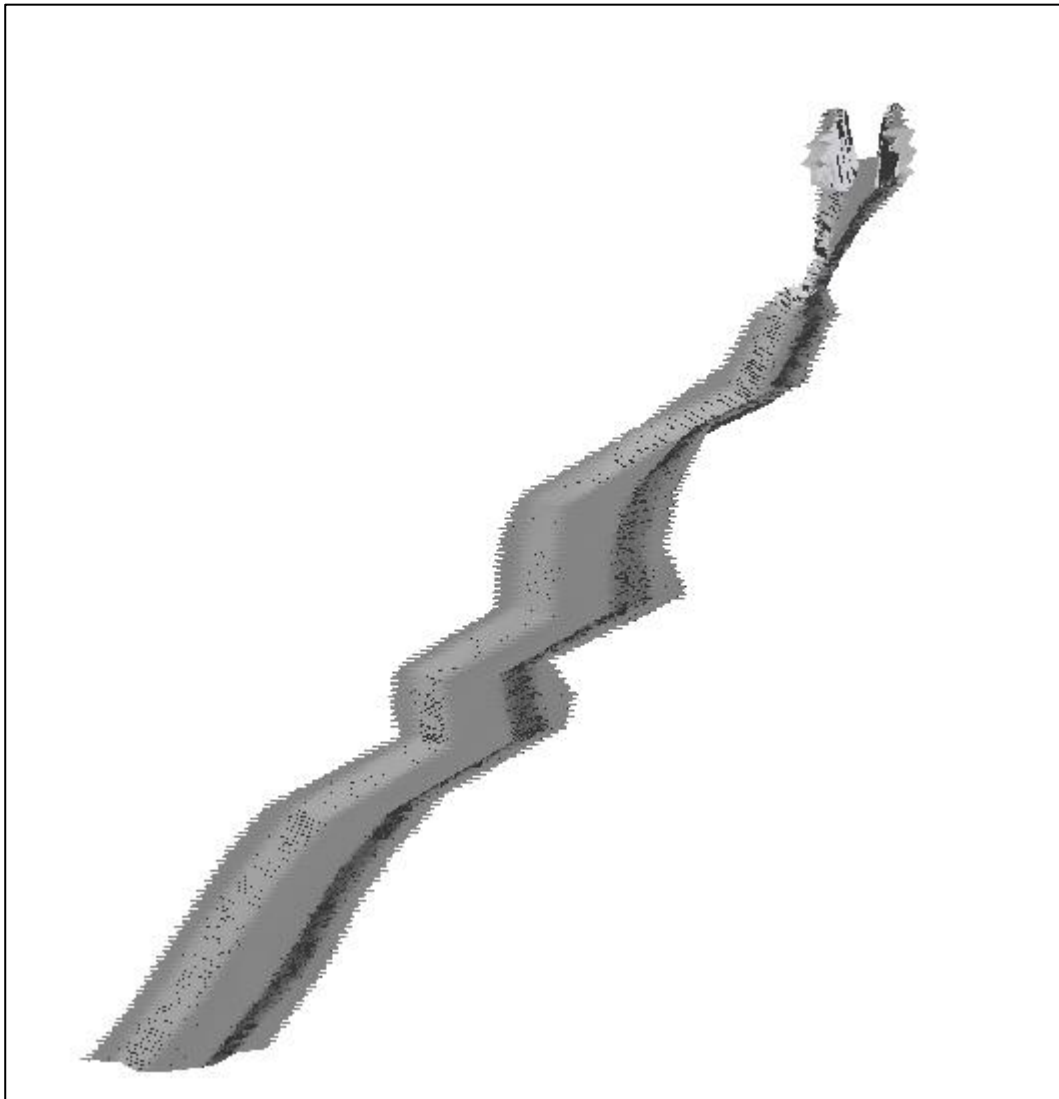


Fuente: Elaboración Propia

La longitud total de la superficie la cual se realizó en levantamiento topográfico fue de 305 m de la cual los 30 metros iniciales están revestidos de concreto y a partir de la progresiva 30 hasta la progresiva 305 el dren es de tierra.

La rugosidad de Manning asignada para la superficie de concreto fue un valor de 0.013, mientras que para la superficie de tierra se asignó un valor de 0.020. Estos valores ya están establecidos para los distintos tipos de materiales.

Figura N° IV.41: Asignación de la Malla a la superficie del Dren

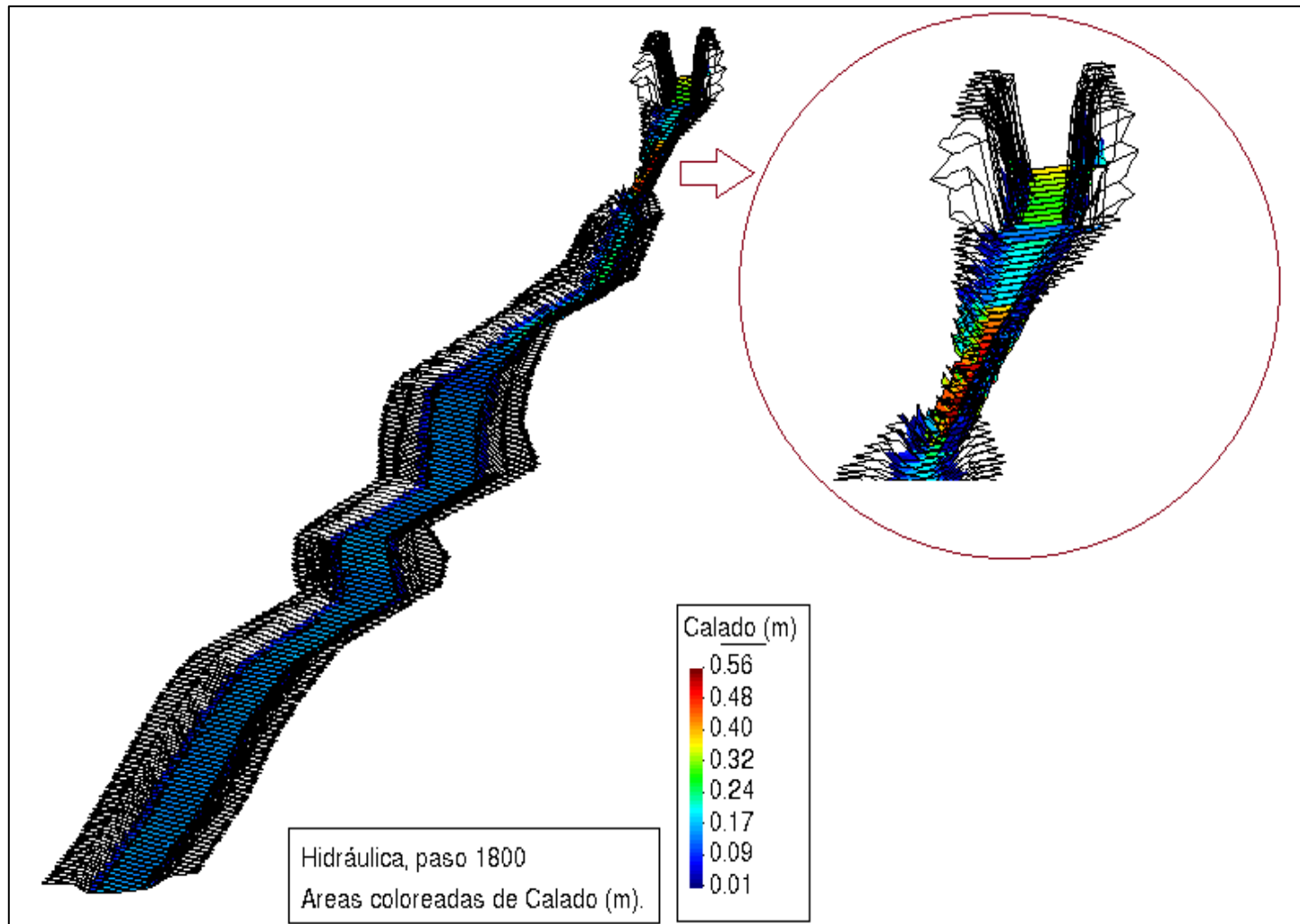


Fuente: Elaboración Propia

C. Resultados

Luego de asignar todos los parámetros necesarios, incluyendo las condiciones de iniciales de contorno, en la cual se debe asignar el caudal que se tendrá que evacuar, se procede a realizar el cálculo para finalmente ver los resultados que nos muestra el IBER. En la siguiente imagen se puede observar los resultados del calado (altura de lámina de agua) que se presenta en toda la superficie del dren.

Figura N° IV.42: Altura de Calado en la superficie del Dren



Fuente: Elaboración Propia

D. Conclusiones

- ✓ Con los resultados obtenidos se puede observar que el calado máximo que se presenta es de 0.56 m de altura y ocurre en la progresiva 50 hasta la progresiva 100, donde la sección del dren es muy angosta y no es suficiente para conducir el caudal de 0.415 m³/s que se evacuará. Por este motivo se recomienda ampliar la sección del dren en todo el tramo que presenta la sección muy angosta.
- ✓ El calado que se presenta en la progresiva 100 hasta la progresiva 305, es de 0.15 m de altura, debido a que en esa longitud la sección es más amplia, por lo cual es suficiente para transportar el caudal.

4.8. Evaluación de Impacto Ambiental

4.8.1. Objetivo General del Proyecto

El objetivo general del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Análisis y Diseño de la red de Drenaje Pluvial Urbano del Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque” es identificar y evaluar las interacciones que pueden presentar las diferentes actividades que se van a realizar en dicho proyecto, con el entorno del ambiente existente, para así obtener una predicción de las consecuencias ambientales debido a los impactos negativos que puedan presentarse, por la ejecución del proyecto, en la etapa de Construcción.

4.8.2. Marco Legal

4.8.2.1. Constitución Política del Perú (1993)

“Es la ley que tiene mayor jerarquía en el Perú. En esta se detallan los derechos que tiene toda persona humana, como el derecho de poseer de un ambiente apropiado para el desarrollo de la vida. Además, se menciona el derecho a la paz, a la tranquilidad y a la libre expresión del pensamiento”. [17]

4.8.2.2. Ley N°28611: La Ley General del Ambiente (2005)

“Esta ley dispone que toda persona tiene el derecho de vivir en un ambiente saludable y apropiado para el desarrollo de la vida. Indica que una evaluación de impacto ambiental contiene una descripción de los efectos directos como indirectos que ocasionará la actividad en el medio ambiente físico y social”. [18]

4.8.2.3. Ley N°27446: La Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental

“Es ley se crea como sistemas únicos de identificación, prevención, supervisión y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos provenientes de las acciones humanas en los proyectos de inversión. Señala que los proyectos que durante su ejecución puedan presentar impactos negativos para el medio ambiente, no deben aprobarse y mucho menos ninguna autoridad tiene el poder para autorizarlos”. [19]

4.8.2.4. Ley N°23853: La Ley Orgánica de Municipalidades

“Esta ley dispone que las municipalidades por ser un gobierno de tipo local y formar parte del estado, tienen funciones importantes, como el de cuidar la conservación de la flora y fauna, impulsar distintas acciones que sean necesarias para la recuperación de los recursos naturales, emitir programas de educación ambiental, etc.” [20]

4.8.2.5. Ley N°27314: La Ley General de Residuos Sólidos

“Esta Ley establece que los residuos sólidos que maneja toda persona deberán realizarse de manera adecuada, para así poder prevenir aquellos impactos negativos y así garantizar la protección de la salud. También detalla que la prestación de servicios por parte de las entidades prestadoras de servicios de residuos sólidos debe cumplir con las condiciones mínimas en cuanto a calidad del servicio”. [21]

4.8.2.6. Ley N°26842: La Ley General de Salud

Esta ley dispone todos aquellos derechos de protección a la salud, que tiene toda persona humana. Considera que la protección a la salud es indispensable para el bienestar de las personas en general.

4.8.2.7. Ley N°24047: La Ley General de Amparo al Patrimonio de la Nación

Esta ley se crea con la finalidad de resolver el grave problema que presenta el Patrimonio Cultural, que solamente un porcentaje menor de estos se encuentran registrados correctamente. Por esta razón muchos de estos están desprotegidos. A si mismo se disponen sanciones por cualquier caso grave que esté en contra de la conservación del Patrimonio Cultural de la Nación.

4.8.2.8. Ley N°17752: La Ley General de Aguas

Esta ley establece, cuál debe ser el uso adecuado de las aguas o cuerpos de agua. Indica que no existe propiedad sobre ellas. Su uso es público y nadie puede quitarte el derecho a gozar de estas.

4.8.3. Descripción y Análisis del Proyecto

4.8.3.1. Antecedentes

De acuerdo a la información obtenida de la Municipalidad del Distrito de Pátapo (2019), anteriormente no se ha registrado ningún tipo de proyecto de Drenaje Pluvial, que sea una alternativa de solución para mitigar los problemas de inundaciones que se presentan en el distrito de Pátapo durante un periodo de lluvias, la cual genera y trae consigo efectos negativos a la salud de la población, como daños y deterioros de la infraestructura vial y para el medio ambiente.

4.8.3.2. Ubicación

El desarrollo del presente proyecto abarca un área total de 38 hectáreas, ubicado en el Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de

Lambayeque. El terreno tiene un área de forma regular y presenta los siguientes límites:

Norte: Distrito Mesones Muro, Provincia Ferreñafe.

Sur: Distrito de Pucalá.

Este: Distrito de Chongoyape. Por el

Oeste: Distrito de Tumán.

Figura N° IV.43: Zona de Estudio



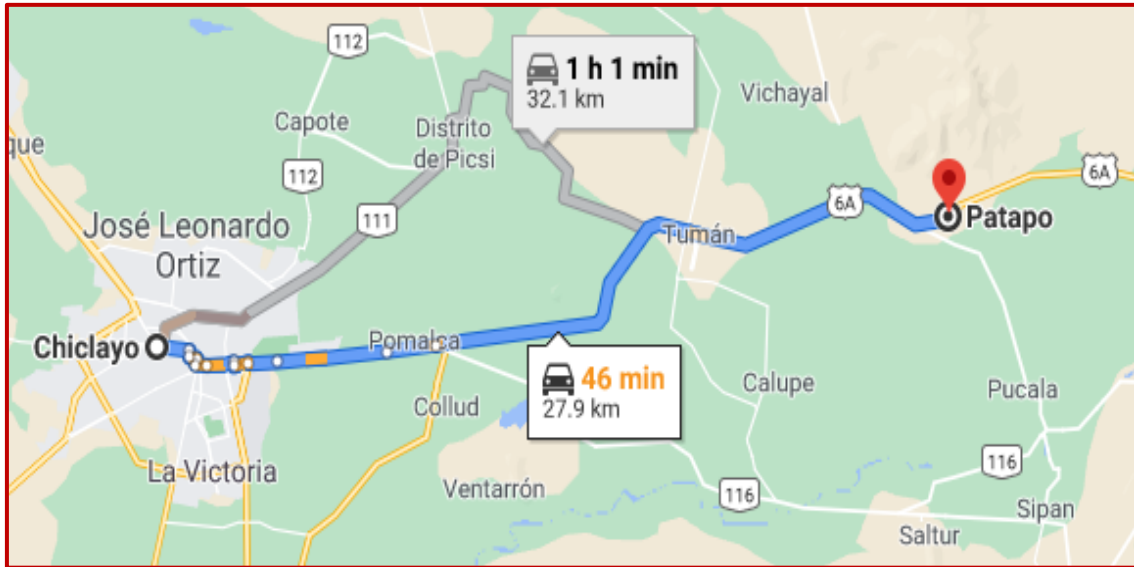
Fuente: Google Earth

Área= 38 Hectáreas

4.8.3.3. Accesibilidad

La zona del Proyecto presenta una vía de acceso, que es por la parte Oeste, la Carretera Chiclayo-Chongoyape, y se encuentra aproximadamente a 46 minutos del centro de la ciudad de Chiclayo.

Figura N° IV.44: Ruta de Accesibilidad



Fuente: Google Maps

4.8.4. Análisis de Influencia del Proyecto

4.8.4.1. Área de Influencia Directa

El área de influencia directa está representada por la población que se encuentra asentada en las viviendas que están ubicadas dentro de la zona del proyecto, así como también la población aledaña y las zonas agrícolas que se encuentran ubicadas a una distancia de 200 m a la redonda de toda la zona donde se desarrollará el proyecto. En la siguiente tabla se describe las zonas aledañas al área de proyecto.

Tabla N° IV.60: Zonas Aledañas al Lugar del Proyecto

Límites	Zonas Aledañas a la zona del Proyecto
Sur	Zona agrícola: “sembríos de Caña de Azúcar”
Norte	Población de Pósope
Oeste	Zona agrícola: “sembríos de Caña de Azúcar”
Este	Población de Pátapo

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° IV.45: Zonas Aledañas a la Zona del Proyecto



Fuente: Google Earht

4.8.4.2. Área de Influencia Indirecta

El área de influencia indirecta involucra los centros poblados urbanos y rurales cercanos que se encuentran cercanos al área del proyecto. En la Siguiete tabla se describen los centros poblados cercanos a la zona del proyecto.

Tabla N° IV.61: Centro Poblados cercanos al lugar del Proyecto

Límites	Centros Poblados cercamos al área del Proyecto
Sur	Distrito Pucalá
Norte	Población de Pósope
Oeste	Conchucos, Distrito de Tumán
Este	Las Canteras, El Progreso, Puente Tulipe, La Cría

Fuente: Elaboración Propia

4.8.5. Línea Base Ambiental

4.8.5.1. Línea Base Física

Clima

El clima es semicálido.

Temperatura

Máxima 34°C en meses de verano

Mínima 14.5°C en meses de invierno

Promedio Anual, 24.2°C

Precipitación

Se presentan lluvias intensas, generalmente durante los meses de enero a marzo, y la presencia de lluvias leves en el resto del año.

Calidad del aire

Las fuentes de contaminación del aire están relacionadas principalmente con las actividades como la quema de los campos cultivados de caña de azúcar y la producción de azúcar en la Fábrica de Azúcar del Distrito de Pucalá, que se encuentra ubicado a una distancia de 5 Km del área del proyecto.

Geomorfología

El relieve del Área del Proyecto es mixto, gran parte de su territorio es plano en los que alternan valles, pampas interrumpidas por algunas estribaciones andinas o montañas de poca elevación.

Características de los Suelos

De acuerdo con el Estudio de suelos realizado, los perfiles estratigráficos de las diversas calicatas elaboradas hasta 1.5 m de profundidad de estudio determinan que el suelo predominante está formado por un material arena-arcillosa.

Hidrografía

El agua que posee es recibida del Reservorio de Tinajones por medio del canal principal (Canal Taymi), distribuida a diferentes ramas y subramas que irrigan su territorio productivo. La temporada de mayor afluencia de agua son los meses de diciembre a abril, mientras la sequía se presenta durante los meses de agosto y julio, lo cual genera daños a la principal actividad productiva del Distrito: la agricultura.

Hidrología

El área de la zona del proyecto se encuentra ubicada dentro de la Cuenca Chancay Lambayeque.

4.8.5.2. Línea Base Biológica

Flora

La vegetación del Distrito de Pátapo presenta mucha diversidad y variedad, tanto en flora natural (la cual se desarrolla sin la intervención Humana y se encuentra principalmente en los ríos y acequias) como en flora cultivada (requiere de cuidados y uso de sustancias químicas para su desarrollo). En la tabla N°03, se menciona la principal variedad de flora existente y en la tabla N°04 se presentan algunas fotos de la flora con la cuenta la zona de estudio.









En el área urbana, se encuentran diversas especies que con cultivadas con fines ornamentales que adornan los jardines; que en algunos casos serán afectados en la etapa de construcción del proyecto y donde se tendrá que tomar medidas para evitar la dispersión de polvos.

Tabla N° IV.62: Principal Variedad de Flora del Distrito de Pátapo

FLORA		NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
FLORA NATURAL		Sauce Algarrobo Carizo Caña brava Caña Guayaquil (Bambú)	Salix humboldtianas Ceratonia siliqua Arundo donax Gynerium Sagittatum Phyllostachys edulis
FLORA CULTIVADA	EN GRAN ESCALA	Caña de Azúcar Maíz	Saccharum officinarum Zea mays
	FRUTALES	Palto Papaya Huabo Naranja Tumbo mango Limón	Persea americana Carica papaya Inga feuilleei Citrus X sinensis Passiflora tripartita Mangifera indica Citrus
	ORNAMENTALES	Palmeras Ficus Molle	Arecaceae Ficus benjamina Schinus molle
	MEDICINALES	Hierba luisa Penca sábila Eucalitpo Matico	Mentha spicata Aloe vera Eucalyptus Buddleja globosa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.63: Variedad de Flora en el Distrito de Pátapo

FLORA	VARIEDAD DE FLORA EN EL DISTRITO DE PÁTAPU		
FLORA NATURAL	Algarrobo		
			
FLORA CULTIVADA	Caña de Azúcar	Ficus	Mango
			
	Penca Sábila	Palto	Huabo
			

Fuente: Elaboración Propia

Fauna

La Fauna que presenta el Distrito de Pátapo, está constituida por la diversidad de animales que habitan en los ríos, acequias y campos de cultivo. En la siguiente tabla se describe la fauna existente en la zona del proyecto.

Tabla N° IV.64: Variedad de Fauna en el Distrito de Pátapo

FAUNA	NOMBRE COMÚN
ANIMALES	Peces (cascafe, tilapia, life, bagre, etc.)
	Animales Silvestres (zorro, ratón de campo, pulatos, etc.)
	Animales Domésticos (perros, gatos, lechuza, loros, etc.)

Fuente: Elaboración Propia

4.8.5.3. Línea Base Socioeconómica

Demografía

El Distrito de Pátapo representa el 1.78 % de la población total del Departamento de Lambayeque, constituyéndose dentro de los Distritos más poblados.

Educación

Al nivel de educación, en el Distrito de Pátapo, se centran los niveles de inicial, primaria y secundaria principalmente. Sin embargo, cabe mencionar que Pátapo no cuenta con una adecuada atención en lo que respecta a nivel de educación, teniendo en cuenta la falta de implementación en infraestructura para una mejora de los ambientes, y sobre todo el porcentaje considerable de Analfabetismo en la población.

Tabla N° IV.65: Resumen de Instituciones Educativas del Distrito de Pátapo

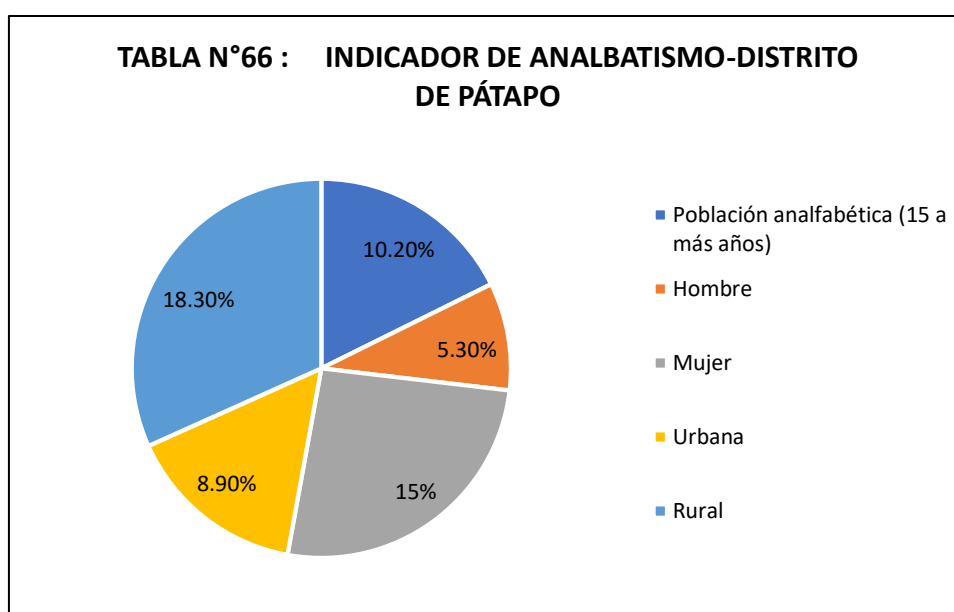
NIVEL EDUCATIVO	N° Instituciones Educativas	Población Escolar	N° de Profesores	N° de Aulas
PÚBLICAS				
Inicial	5	505	20	19
Primaria	3	1470	62	47
Secundaria	2	1066	64	39
Pronoei	7	166	7	7
Total	17	3207	153	112
PARTICULARES				
Inicial	7	134	15	11
Primaria	7	355	34	21
Secundaria	5	123	48	7
Total	19	612	97	39
TOTALES	36	3819	250	151

Fuente: Municipalidad Distrital de Pátapo

Tabla N° IV.66: Indicador de Analfabetismo-Distrito de Pátapo

Educación	Total	%
Población analfabética (15 a más años)	1533	10.20%
Hombre	391	5.30%
Mujer	1142	15%
Urbana	1138	8.90%
Rural	395	18.30%

Fuente: Municipalidad Distrital de Pátapo



Fuente: Municipalidad Distrital de Pátapo

Salud

El Distrito de Pátapo cuenta con 2 Hospitales y 3 centros de salud, donde se atiende toda la población de Pátapo, incluyendo los pobladores de sus anexos como son los caseríos que principalmente son zonas rurales. El porcentaje de enfermedades más frecuentes que se presentan en el Distrito son: Infección Respiratoria Aguda (43%), Enfermedad Diarreica Aguda (25%) y Enfermedades Infecciosas (11%).

Tabla N° IV.67: Establecimientos de Salud en el Distrito de Pátapo

N°	Nombre de Establecimiento	Tipo Establecimiento	Tipo de Institución	DISA	RED
1	Centro de Salud-Posope Alto	Centro de Salud	MINSA	Lambayeque	Chiclayo
2	Centro de Salud-Municipal	Centro de Salud	Municipalidad de Pátapo	Privado	No pertenece
3	Hospital Pátapo	Hospital	Empresa Agro.Ind.Pucalá	Privado	No pertenece
4	UBAP-Pátapo	Hospital	Essalud	Privado	No pertenece
5	Puesto de Salud-Pampa La Victoria	Puesto de Salud	MINSA	Lambayeque	Chiclayo

Fuente: Dirección Centro de Salud de Pósope Alto

Actividad Económica

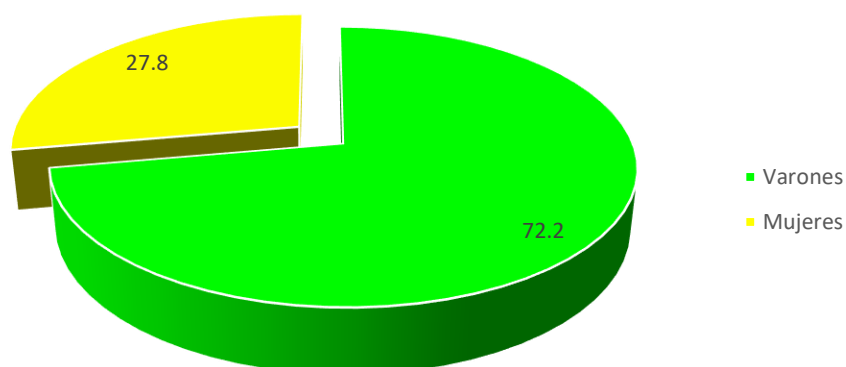
Según el INEI: Se denomina PEA a la población total que se encuentra en edad de trabajar, oficialmente la PEA se considera desde los 18 años hasta los 65 años, sin embargo, en el Distrito de Pátapo por ser zona agrícola se trabaja desde temprana edad participando la población infantil en el proceso productivo fundamentalmente en la agricultura. La PEA del Distrito entre hombre y mujeres es de 7353 personas que corresponde al 40% del total de la población.

Tabla N° IV.68: Población Económicamente Activa-PEA

POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA-PEA		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Varones	5312	72.2
Mujeres	2041	27.8
Total	7353	100.0

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N°68:
POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA-PEA**



Fuente : Elaboración Propia.

Fuente: Elaboración Propia

Principal Actividad: Actividad Agrícola

La actividad agrícola más importante es la producción de caña de azúcar, y en menor escala cultivos de maíz chala. Las Plantaciones de Caña de Azúcar tiene un área de 154.34 Hectáreas que son transportadas hacia el ingenio azucarero ubicado en Pucalá. Además de la existencia de sembradores individuales que cosechan aproximadamente 6,277 ha, de caña de azúcar, con una producción de 696,622 toneladas de caña.

4.8.5.4. Diagnóstico Arqueológico

Si existe Sitios Arqueológicos e Históricos con proximidad al presente proyecto, por lo que se recomienda incluir el CIRA (Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos)

E. Complejo Arqueológico QAPAC ÑAM (Señorío del Cinto)

En el señorío del Cinto se puede observar caminos empedrados, dichas estructuras que dan idea de que este lugar fue una ciudad de piedra. Se encuentra ubicado a 22 Km de la Ciudad de Chiclayo, y a 2.5 km del Distrito de Pátapo.

Figura N° IV.46: Complejo Arqueológico QAPAC ÑAM (Señoría del Cinto)

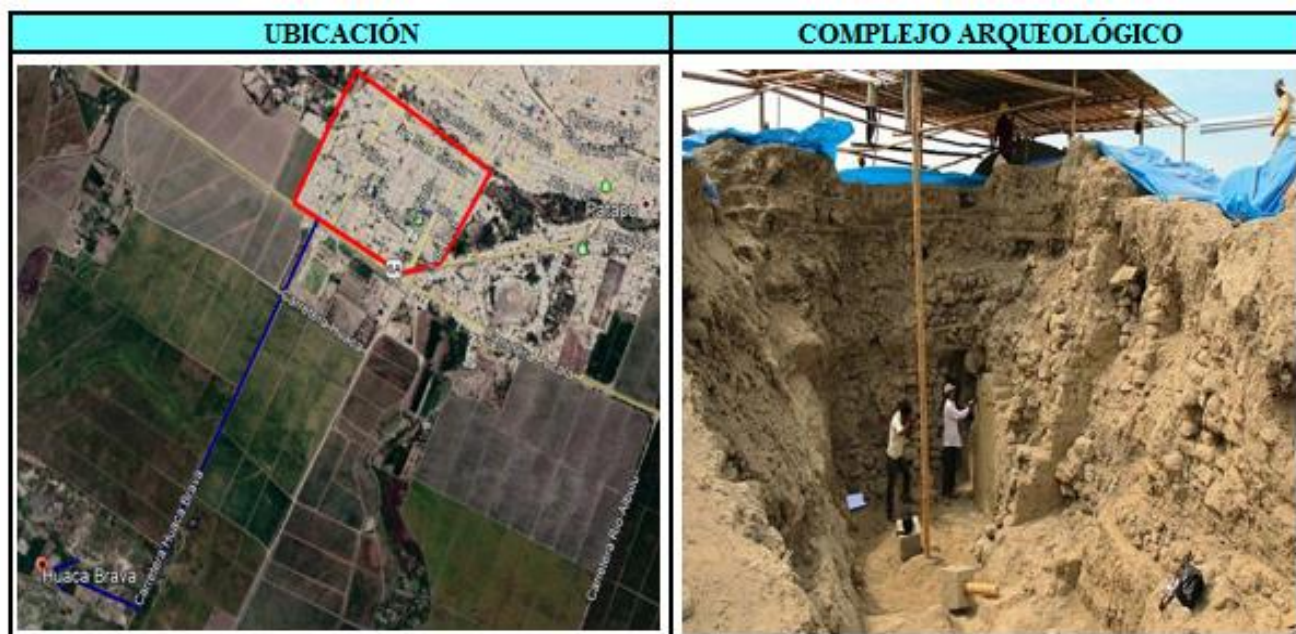


Fuente: Elaboración Propia

F. Complejo Arqueológico Huaca Brava

Se encuentra ubicado a 22 Km de la Ciudad de Chiclayo, y a 1.5 km del Distrito de Pátapo.

Figura N° IV.47: Complejo Arqueológico Huaca Brava



Fuente: Elaboración Propia

4.8.6. Identificación y Evaluación de Pasivos Ambientales

No se presentan pasivos ambientales en el desarrollo del presente proyecto, siendo más común estos de presentarse en actividades mineras, gasífera y petroleras.

4.8.7. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

Se empleará la matriz de Leopold, para poder identificar cuáles son las actividades que presentan un mayor impacto negativo para el presente proyecto.

4.8.7.1. Matriz de Leopold

Esta matriz presenta en el eje horizontal las acciones o actividades que causan el impacto ambiental y en el eje vertical las condiciones o factores ambientales existentes que puedan verse afectadas por dichas acciones. Entre la celda de la relación factor ambiental y acción se colocan dos valores, la celda se divide por una diagonal, en la parte inferior de la diagonal se coloca el valor de la magnitud que tiene valores de 1 a 10 cuando el impacto es positivo y valores de -1 a -10 cuando el impacto es negativo y en la parte superior de la diagonal se coloca el valor de la importancia que siempre tiene valores positivos de 1 a 10.

Este procedimiento es necesario y adecuado para poder identificar que actividades son las que tendrán el mayor impacto negativo y así poder tomar las correcciones y medidas que serán necesarias para mitigar estos impactos.

A. Magnitud

“Es la valoración del impacto potencial provocado, el cual se coloca en la parte superior izquierda del recuadro dividido por una diagonal. Los valores varían entre 1 y 10 para efectos positivos y de -1 a -10 para efectos negativos” [22]

B. Importancia

“Valoración que nos da una especie de ponderación o medición cualitativa del impacto. Refleja la extensión o parte del entorno afectado” [22]

Tabla N° IV.69: Matriz Leopold

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		CONSTRUCCION																		
		OBRAS PROVISIONALES				TRABAJOS PRELIMINARES			SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL			MOVIMIENTO DE TIERRAS								
		HABILITACION DE ORCNA, ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANA	INSTALACION DEL CARTEL DE OBRA	SEÑALIZACION	INSTALACION PROVISIONAL DE SSH	MOVILIZACION Y DE SMOVILIZACION DE MAQUINARIA/EQUIPOS	TRAZO Y REPLANTEO DE NIVELES	DEMOLICION DE LA CARPETA ASFALTICA	SEÑALES PREVENTIVAS	SEÑALES INFORMATIVAS	SEÑALIZACION AMBIENTAL	EXCAVACION MANUAL	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA PESADA	ACOPPIO DE MATERIAL EXCAVADO	PERFILAMIENTO DEL TERRENO (MANUAL)	PERFILAMIENTO DEL TERRENO (CON MAQUINARIA)	ACOPPIO DE MATERIAL DE PRESTAMO	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PROPIO	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE
FACTORES AMBIENTALES	AIRE					-2		-4				-4	-2		-2		-2	-2	-2	
	EMISION DE GASES					2		4				4	2		2		3	3	2	
	NIVEL DE RUIDO	-2	-2	-1	-2	-3	-1	-5	-1	-1	-1	-3	-5	-3	-2	-2	-3	-3	-2	
	PARTICULAS EN SUSPENSION	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-4	-1	-1	-1	-3	-4	-3	-2	-3	-3	-3	-2	
	AGUA																			
	CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA CERCANOS																-2	-2	-2	
	CANTIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUAS CERCANAS																-3	-3	-1	
	CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA											-1					-1	-1	-1	
	CALIDAD DE AGUA POTABLE											-1			-2		-1	-1	-1	
	SUELO																			
	MORFOLOGIA DEL TERRENO											-2	-3	-1	-3	-1	-3	-3	-1	
	CALIDAD DE SUELO	-1	-1	-1	-1			-1	-1	-1	-2	-4	-1	-3	-3	-2	-3	-3	-2	
	FLORA																			
	ARBUSTOS	-2	-1	-1	-2			-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-3	-1	-2	-2	-2	
	CULTIVOS														-2	-1	-2	-2	-1	
	PLANTAS ORNAMENTALES	-2	-1	-1	-2			-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-3	-1	-2	-2	-1	
	PLANTAS MEDICINALES										-2	-2			-2	-1	-1	-1	-1	
	ARBOLES	-1									-2	-2			-2		-2	-2	-2	
	FAUNA																			
	INSECTOS	-1	-1	-1	-1			-2	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-1	
AVES							-2			-2	-2			-2		-1	-1	-1		
ANIMALES DOMESTICOS							-2			-2	-2					-1	-1			

							2				2	2						1	1
INTERÉS HUMANO																			
VISTA PANORÁMICA	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-2	-3	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2
	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2	3	2	1	2	2	3	3	1
PAISAJE URBANO (Parques, etc)	-1	-1	-1	-1			-3				-2	-3	-2	-1	-3	-2	-3	-3	-2
	1	1		1			1	3			2	3	2	1	3	2	3	3	2
SITIOS HISTÓRICOS O ARQUEOLÓGICOS																			
FACTOR SOCIOECONÓMICO																			
ACTIVIDAD COMERCIAL	-1			-1	-1		-3				-3	-4	-1		-4	-2	-4	-4	-2
	1			1	1		3				3	3	1		3	2	3	3	2
UTILIZACIÓN DE ÁREAS DE TERRENO	-2	-1	-1	-2			-2	-1	-1	-1	-2	-2	-1		-2	-1	-2	-2	-1
	2	1	1	2			2	1	1	1	2	2	1		2	1	2	2	1
ESTATUS CULTURAL																			
CALIDAD DE VIDA															-2	-1	-1	-1	-2
															2	1	1	1	1
SALUD Y SEGURIDAD	2		3	2				3	3	3					-2	-1	-2	-2	-1
	2		3	2				3	3	3					2	1	2	2	1
EMPLEO	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	3	4	2	3	3	1
	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	3	4	2	3	3	1
MAGNITUD (+/-)	-12	-9	-3	-11	-7	-3	-28	-3	-3	-3	-29	-45	-16	-7	-41	-18	-44	-44	-31
	20	11	13	19	11	7	32	13	13	13	37	50	20	13	44	20	51	51	28
PROMEDIO	-18	-11	5	-17	-15	-3	-96	5	5	5	-59	-137	-32	-5	-82	-25	-104	-104	-43

TRANSPORTE		PAVIMENTOS			OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				OBRAS DE CONCRETO ARMADO		ENCOFRADO Y DESECONFRADO			HABILITACION DE ACERO		CURADO		INSTALACIONES	TRAFICO			MAGNITUD (+/-) IMPORTANCIA	COMENTARIO		
TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERAS	TRANSPORTE DE AGUA PARA COMPACTACION	RIEGO DE AGUA PARA COMPACTACION	COMPACTACION MANUAL	COMPACTACION CON MAQUINARIA	ACOPPIO DE CEMENTO	ACOPPIO DE ARENA GRUESA	ACOPPIO DE PIEDRA	PREPARACION DE CONCRETO SIMPLE	SUMIDEROS	POZOS DE REGISTRO	VEREDAS	SUMIDEROS	POZOS DE REGISTRO	ACERO PARA SUMIDEROS	ACERO PARA POZOS DE REGISTRO	CURADO CON AGUA PARA CONCRETO SIMPLE	CURADO CON AGUA PARA CONCRETO ARMADO	SISTEMA SUBTERRANEO CON TUBERIAS PVC	CONGESTION VEHICULAR	DESVIO TEMPORAL DE VEHICULOS	DESVIO TEMPORAL DE TRANSITO PEATONAL				
-3	3	2	3	1				3												4	4	3	-43	41	-119
-3	2	2	2	1				5	4	3	2	2	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	-97	82	-254
4	3	3	3	1	-1	3	2								2	1	1		-2	-2	-1	-66	60	-159	
		3		2				-1	1	1	1	1	1					-2					-19	18	-33
		4		4				-2	2	1	1	1	1			-1	1	-3	4				-25	30	-72
		-1	-2	2														-2					-9	9	-13
		-1	-1	1				-1	1									-1	1				-10	10	-12
			-1	3		-1	-1		-2	2	2	2	3	3				-1	1				-36	37	-89
			-2	3		-1	-1		-2	2	2	2	3	3	-2	-2		-2	2				-52	49	-113
-1	1	1	-1	2		-1	-1		-2	2	2	2	2	2	2	-1	-1						-46	47	-79
-1	1	1	-1	1		-1	-1																-12	14	-18
-1	1	1	-1	2		-1	-1		-2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1					-45	45	-73
		1	-1	1		-1	-1		-2	2	2	2	2	2	2	-1	-1						-29	31	-49
		1	-1	2		-1	-1		-2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	1					-31	33	-55
		1	-1	1		-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1						-40	42	-60
		1	-1	1			-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1						-29	31	-49
		1	-1	1			-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1						-26	31	-44

4.8.7.2. Análisis de Resultados

Luego de elaborar la matriz Leopold, se tiene un panorama más claro de los posibles efectos que tendrá el proyecto sobre el ambiente. Los resultados obtenidos de la evaluación son:

- ✓ Las acciones más impactantes que se presentarán durante la ejecución del proyecto, las que generaran los impactos negativos son: Trabajos preliminares (demolición de la carpeta asfáltica), movimiento de tierras (Excavación con maquinarias pesada, relleno y compactación con material propio y de préstamo) y la pavimentación (compactación con maquinaria), este resultado debido a que en estas actividades se hará el uso de maquinaria y equipos de gran impacto.

- ✓ Los factores ambientales que resultan más impactados con el proyecto, son: El Aire (Nivel de ruido, partículas en suspensión, emisión de gases), el suelo (calidad del suelo), el interés humano (Vista panorámica, interés humano) y el factor socioeconómico (actividad comercial).

Evaluación de Impactos negativos por actividades realizadas durante la ejecución del proyecto

A. Trabajos Preliminares

Esta actividad se ha determinado que presentará impactos negativos para el medio ambiente, debido a los trabajos a realizarse requiere de maquinaria para la demolición del pavimento, por lo cual traerá efectos negativos a los factores como el aire (por el nivel ruido y las partículas en suspensión que se presentarán).

B. Movimiento de Tierras

Esta actividad es la que mayores impactos negativos producirá para el medio ambiente, porque de acuerdo a los trabajos que se llevarán a cabo, como la excavación con maquinaria pesada, el perfilamiento del terreno con maquinaria y el relleno y compactación con maquinaria, ocasionará mayores efectos negativos a los factores ambientales como el aire (por el alto nivel de ruidos ,partículas generadas y la emisión de gases de las propias maquinarias empleadas), el suelo (por la compactación y la generación de residuos sólidos).

C. Pavimentación

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación, se puede observar que esta acción es la segunda actividad con mayor puntuación, que generará impactos negativos para el medio ambiente, al igual que las actividades anteriores ya mencionas, en esta también se hará uso de maquinarias por lo que afectará directamente a los factores ambientales: El aire (por el nivel de ruido, las partículas en suspensión y la emisión de gases), el suelo (por el vertido de residuos líquidos). Cabe mencionar también que esta acción se hará uso de aditivos, lo cuales son perjudicables para la atmosfera.

Evaluación de Impactos positivos por actividades realizadas durante la ejecución del proyecto

A. Señalización

Es acción es muy importante, y genera efectos positivos, porque permitirá que la población tenga la información necesaria, para que así las actividades se puedan desarrollar con una buena eficiencia y desde el punto de vista que presenta esta acción, con una buena información, tanto preventivas como ambientales.

Evaluación de Impactos negativos por factores ambientales

A. El Aire

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación, se puede observar que el factor aire será el más afectado, principalmente por el nivel ruido que se generará, por las partículas de polvo y por la emisión de gases de las propias maquinarias a emplear.

B. El Suelo

El Factor suelo se verá afectado por los trabajos a realizarse como las excavaciones, el perfilado y la compactación y en algunas actividades donde se emplearán aditivos que son perjudiciales para el aire y para el suelo.

C. Factor Socioeconómico

Este factor se verá afectado, porque con la ejecución del proyecto la actividad comercial se verá muy influenciada negativamente, teniendo como referencia que el Distrito de Pátapo cuenta con un mercado, donde una gran parte de la población trabaja vendiendo sus productos.

D. Interés Humano

Es otro factor que se ve muy afectado negativamente, porque la percepción de la vista panorámica y el paisaje urbano se ve influenciada por la presencia de la maquinaria, los materiales, la señalización, etc.

Evaluación de Impactos positivos por factores ambientales

A. Empleo

La generación de empleo que generará la ejecución del proyecto es un efecto positivo que traerá consigo a la población del Distrito, porque muchas personas pueden acceder a puesto de trabajo, para poder generar ingresos para su hogar.

4.8.8. Plan de Participación Ciudadana

Este aspecto es de vital importancia en cualquier proyecto, porque es esencial tener en cuenta la opinión de la población, para que así cuando el proyecto se encuentre en la etapa de ejecución, no se presenten problemas por el desconocimiento de la población, como se ha visto en muchos proyectos.

Por esta razón para el presente proyecto, se ha aplicado una encuesta (**Ver Anexo 02**) a una muestra de la población que se encuentra dentro del área de estudio, con la finalidad de conocer cuál es el grado de aceptabilidad que tendrá el proyecto propuesto.

4.8.9. Plan de Manejo Ambiental (PMA)

El PMA tiene como objetivo principal implantar medidas, con la finalidad de prevenir, corregir, evitar o poder mitigar aquellos impactos negativos que se presenten con la ejecución del proyecto. Sin embargo, no todos los impactos negativos pueden ser mitigados en su totalidad, pero si la mayoría de estos pueden reducirse notablemente.

4.8.9.1. Programa de Medidas Preventivas, Mitigadoras y Correctivas

Medidas Preventivas

A. Manejo de la Calidad de Aire y Ruido

Las actividades de movimiento de tierras, son las que ocasionaron efectos negativos en la calidad del aire, por la generación continua de las partículas de polvo, que podría afectar a los pobladores del Distrito de Pátapo, como también a la vegetación existente, la fauna y al mismo personal que laboran en la realización de estas actividades. Para mitigar este efecto se requiere la implementación de un programa para humedecer toda el área donde se llevarán a cabo estas actividades, para así evitar dispersión de polvo.

A si mismo se recomienda el uso de tapones auditivos a todo el personal de obra, durante la realización de las actividades que tienen el potencial de generar este impacto negativo. De igual manera a todos los vehículos que se emplearán en obra

se les prohibirá el uso de sirenas (solo deben usarse en casos de emergencia), de esta manera se estará reduciendo el nivel de ruido

B. Manejo de los Residuos Sólidos

Durante la etapa de construcción del proyecto se deberá de implementar el plan de gestión de residuos sólidos para un buen almacenamiento, transporte y disposición adecuada de los residuos sólidos, considerando la contratación de una Empresa Transportadora o Comercializadora de Residuos Sólidos, así mismo buscar una alternativa para el traslado de residuos de material de construcción a un botadero perteneciente a la Municipalidad Distrital del Pátapo.

En el siguiente cuadro se especifica el tipo de cilindro a emplearse para mitigar la contaminación de residuos sólidos en la obra. A si mismo el lugar de traslado para los residuos sólidos de construcción se encuentra a 3 km del área del proyecto, el cuál es el Botadero de Pátapo.

Tabla N° IV.70: Color de Cilindro a Usar para Residuos Sólidos

COLOR DE CILINDRO	RESIDUOS SÓLIDOS
Rojo	Residuos Peligrosos (Paños o secadores mezclados con lubricantes o combustibles, Filtros de aceite usados, Filtros de combustibles, Filtros de aire, etc.)
Azul	Residuos No Peligrosos (Piezas usadas, Baterías gastadas, etc.)
Verde	Para residuos orgánicos (Provenientes de oficina, zonas de trabajo, comedores y otras diversas instalaciones)
Amarillo	Para residuos inorgánicos (Bolsas de Plástico, Botellas PVC, Frascos de Vidrio, etc.)

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° IV.48: Lugar de Traslado de los Residuos de Construcción
(Botadero Pátapo)**



Fuente: Google Maps

C. Efluentes Domésticos

Para la disposición de los efluentes, será necesario la contratación de los servicios de una empresa, la cual instale baños químicos y de esta manera se encargue del mantenimiento y así mismo de la disposición final de estos efluentes en lugares apropiados.

D. Congestión Vehicular

Se tendrá que planificar las zonas, donde se realizarán los desvíos vehiculares, para evitar la congestión en las calles del Distrito.

E. Equipos de Protección Personal (EPP)

Se proporcionará los EPP al personal de obra, con la finalidad de velar por su seguridad y salud. El uso de los EPP (casco, zapatos, punta de acero, lentes de seguridad, guantes, protección auditiva, etc.), debe ser obligatorio.

F. Señalización

La señalización es muy importante durante la ejecución de una obra. Se señalarán las áreas donde se estén realizando trabajos de alto riesgo, para así prevenir los accidentes. A si mismo se deberá restringir el acceso al proyecto a las personas que no estén autorizadas.

Medidas Correctivas y/o Mitigadoras

A. Equipos y Maquinarias

Se deberá utilizar maquinarias y equipos que se encuentren en un buen estado. A si mismo se deberá realizar un mantenimiento constante, para que de esta manera el ruido que se genere sea mucho menor, al igual que la emisión de gases y así la contaminación del aire disminuya en un gran porcentaje.

B. Botiquín de Primeros Auxilios

Es obligatorio contar con un botiquín de primeros auxilios, para tratar cualquier caso de accidente que pueda presentarse en la obra. A si mismo ante la presencia de un accidente grave se deberá contar con las facilidades para poder trasladar a la persona accidentada al hospital más cercano.

4.8.9.2. Programa de Monitoreo Ambiental

La implementación de este plan tiene como finalidad la programación y ejecución de distintas actividades que se tendrán que realizar durante el tiempo de ejecución del proyecto, con lo cual se podrá evaluar y así controlar los aspectos negativos que se estén produciendo.

A. Ruido Ambiental

Es muy importante realizar el monitoreo del ruido una vez por semana y así poder realizar informes en los cuales se indiquen las recomendaciones y las medidas que se tendrán que tomar para el control de este efecto negativo.

B. Calidad del Aire

La calidad del aire, se verá afectada por el uso de los equipos y maquinarias, por lo cual se deberá implementar estaciones en el área del proyecto, para evaluar las emisiones de gases y poder elaborar un informe en el cual se detallen las medidas de control necesarias para la reducción de este efecto.

C. Calidad del Agua

Es muy importante implementar un sistema de monitoreo para evaluar la calidad del agua para el consumo que llega a la obra. Se deberán realizar monitoreos semestrales con la finalidad de emitir un informe donde se detallen las medidas de control para velar por la salud de los consumidores.

4.8.9.3. Programa de Educación Ambiental

La finalidad de implementar un programa de educación ambiental, es sensibilizar a los trabajadores, como también a los jefes de cada área.

Todos los trabajadores y profesionales que estarán involucrado en la ejecución del proyecto, deberán conocer sobre la importancia en la conservación y protección del medio ambiente, por lo cual será necesario la realización de distintas charlas relacionadas directamente con los temas:

- ✓ Residuos Sólidos (Construcción, peligrosos, no peligrosos, etc.)
- ✓ Técnicas de control de polvo.
- ✓ Calidad del agua, aire y suelo.
- ✓ Emergencias y desastres.

4.8.9.4. Programa de Seguridad y Salud Ocupacional

Se deberá implementar la gestión en cuanto a seguridad y salud, para todo el trabajador, con la finalidad de prevenir los accidentes de trabajo, riesgos a la salud, presencia de distintas enfermedades. Por este motivo se realizarán charlas de seguridad, así como también charlas en cuanto a higiene y salud, tocando puntos importantes, que la mayoría de los trabajadores desconocen.

- ✓ Ergonomía
- ✓ Registros de accidentes de trabajo
- ✓ Medidas de prevención

4.8.10. Plan de Contingencias

Es muy importante estar preparado ante cualquier situación adversa que pueda ocurrir en el lugar de trabajo. Por este motivo se deberá implementar un conjunto de acciones basándose en el análisis de riesgos y considerando todas las actividades del proyecto. Se tomarán en cuenta los eventos que tengan alta probabilidad de ocurrencia en el área de influencia del proyecto.

A. Accidentes Laborales

En toda obra existe una alta probabilidad de ocurrencia de accidentes, durante la realización de las diferentes actividades, ya sea de forma manual o con la

utilización de maquinaria, estos accidentes mayormente se producen por algunos errores de la persona humana o por las fallas mecánicas que se presentan en los equipos o maquinarias. Es de mucha importancia la rápida actuación ante la presencia de un accidente, porque de esta manera se pueden salvar muchas vidas o evitar el empeoramiento del accidentado. Se deberá capacitar a todo el personal en todas las actividades que realizarán.

B. Incendios

La ocurrencia de incendios es muy común ante la presencia de combustible, como los accidentes en la maquinaria y otros accidentes (corto circuito). Se deberá capacitar al personal para una respuesta rápida ante la presencia de incendios. Se deberá adquirir extintores y la obra debe estar conectada a Estación de bomberos más cercana, para que así ante la presencia de algún accidente, estos puedan acudir de manera inmediata.

C. Sismos

De acuerdo a la ubicación del área del proyecto, se encuentra en la Zona 4, la cual es una zona sísmica. Por esto motivo se debe capacitar a todo el personal de obra, para que estén preparados ante la ocurrencia de un sismo. Se deben formar brigadas para una buena respuesta ante cualquier emergencia.

4.8.11. Programa de Cierre de Obra

En este programa se considerarán todas aquellas acciones que tendrán que realizarse luego de finalizar la ejecución del proyecto. La finalidad de estas acciones es tratar de darle forma a las áreas ocupadas, para que estas queden de la misma manera como estaban antes de iniciarse los trabajos de obra. Se considerarán las siguientes acciones:

- ✓ Desmontaje y retiro de maquinaria y equipos.
- ✓ Desmantelamiento de las instalaciones provisionales.
- ✓ Limpieza de toda el área utilizada.
- ✓ Eliminación de los residuos sólidos.

- ✓ Evaluación del ambiente influenciado por el área del proyecto, mediante la contratación de especialistas en el tema, los cuales se encargarán de realizar un informe de la evaluación, antes del cierre de obra.

4.8.12. Conclusiones

- ✓ Se determinó que los impactos negativos que se producirían durante la etapa de construcción del proyecto, son aquellos asociados a los trabajos preliminares (demolición de la carpeta asfáltica), a los movimientos de tierra (excavación de zanjas y relleno compactado), por lo cual los factores aire, suelo e interés humano serían los más afectados.
- ✓ Los impactos positivos que se producirán en la etapa de construcción del proyecto, es la generación de empleo, por lo cual muchas personas del Distrito de Pátapo tendrán la oportunidad de trabajar para así obtener ingresos que le permitan dar a su familia una buena calidad de vida.

4.8.13. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar la E.I.A tomando en cuenta las opiniones de los diferentes profesionales relacionados con los diferentes ámbitos en los que se desarrolla el proyecto.
- ✓ Se recomienda aplicar las medidas de prevención, mitigación y control, que permitirán reducir sustancialmente los efectos negativos, lo cual permitirá que la ejecución del proyecto se realice en armonía con la conservación del ambiente, la salud y seguridad del personal de obra y la población.

4.9. Discusión

Se elaboró cuadros comparativos, describiendo lo realizado en la presente tesis, respecto a los antecedentes presentados en el Capítulo II (2.1. Antecedentes el Problema).

Tabla N° IV.71: Discusión Antecedente N°01

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA		DISCUSIÓN	
N°01	Tema: "Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial en las Avenidas Andrés Avelino Cáceres, Dolores, Alcides Carrión, Garcilaso de la Vega y Estados Unidos en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Provincia Arequipa, Departamento Arequipa".	Se ubicaron las estructuras de drenaje (sumideros y pozos de registro), tomando como referencia los puntos bajos de las calles, de acuerdo a la topografía. No se realizó una simulación para observar una mejor apreciación de las zonas inundables.	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
		Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SWMM	Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
		No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.
		La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia las Torrenteras "Mariano Melgar" y "Paucarpata".	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el <u>rio</u> Lambayeque.
		Para la evacuación final, se tomó como referencia el "Estudio de Inundaciones en la Localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las Torrenteras" (Dr. Fuse Fernandez-Davila y Ing. Benites Montufar)	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.
	El caudal máximo que puede soportar la torrentera Mariano Melgar es de 69.20 m ³ /s y la torrentera Paucarpata es de 30.40 m ³ /s, por lo cual no fue necesaria una simulación hidráulica.		
Autor(a): Fuentes Mamani, Alberto Richard Reinoso Infantes, Miguel Ángel.			
Departamento: Arequipa			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.72: Discusión Antecedente N°02

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA			DISCUSIÓN	
N°02	Tema:	"Sistema de Drenaje Pluvial para el Distrito de Mariano Melgar, Arequipa"	La topografía (curvas de nivel) fue obtenida mediante las Cartas Nacionales y mediante Google Earth. No se realizó una simulación del área de estudio para observar cuales son las zonas inundables.	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
			Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SWMM	Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
			No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.
			La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia las Torrenteras "Mariano Melgar" y "Miraflores".	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.
			Para la evacuación final, se tomó como referencia el "Estudio de Inundaciones en la Localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las Torrenteras" (Dr. Fuse Fernandez-Davila y Ing. Benites Montufar)	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.
	Autor(a): Gonzales Remond, Álvaro Rodrigo Velazco Madrid, Alonso Antonio			
Departamento:	Arequipa	El caudal máximo que puede soportar la torrentera Mariano Melgar es de 69.20 m ³ /s y la torrentera Miraflores es de 19.64 m ³ /s, por lo cual no fue necesaria una simulación hidráulica.		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.73: Discusión Antecedente N°03

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA			DISCUSIÓN	
N°03	Tema:	"Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la ampliación del software SWMM"	Se ubicaron las estructuras de drenaje (sumideros y pozos de registro), tomando como referencia los puntos bajos de las calles, de acuerdo a la topografía. No se realizó una simulación para observar una mejor apreciación de las zonas inundables.	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
			Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SWMM	Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
			No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.
			La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia drenes existentes en las Av. Ferrocarril y Av. Circulación.	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.
	Autor(a):	Rojas Naira, Paolo Cesar Vladimir Humberto, Humpiri Pari	No se realizó una simulación hidráulica a los drenes para observar el comportamiento del caudal a evacuar, solo se hace mención a que algunos de estos no tiene la suficiente sección para evacuar el caudal calculado.	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.
Departamento:	Juliaca			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.74: Discusión Antecedente N°04

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA			DISCUSIÓN	
N°04	Tema:	"Análisis Hidrológico para el diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano en el Sector Parco Chico, Ciudad de Pomabamba Ancash-Perú "	Se ubicaron las estructuras de drenaje (sumideros y pozos de registro), tomando como referencia los puntos bajos de las calles, de acuerdo a la topografía. No se realizó una simulación para observar una mejor apreciación de las zonas inundables.	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
			Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS	Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
			No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.
			No se hace mención a donde será la evacuación final de las aguas recolectadas.	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.
Autor(a):	Escudero Cueva, Clorinda Steppany Pérez Taype, Giancarlo José		Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.	
Departamento:	Ancash			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.75: Discusión Antecedente N°05

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA		DISCUSIÓN		
N°05	Tema:	. "Diseño alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz-2015 "	No hace mención en la utilización de algún programa para el diseño del sistema de drenaje propuesto (tuberías, sumideros, cunetas), solo se aprecia un cálculo manual siguiendo los parámetros de la Norma OS.060	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
				Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
		No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.	
			La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.	
Autor(a):	Urbano Broncano, Sinthia Vanesa	La evacuación final se realiza hacia una fuente superficial "Río Santa". No se realizó una simulación, considerando que la sección del río es bastante amplia, para el aporte del caudal a evacuar.	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.	
Departamento:	Huaraz			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.76: Discusión Antecedente N°06

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA			DISCUSIÓN	
N°06	Tema:	"Diseño del drenaje pluvial y evaluación del impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura"	No hace mención en la utilización de algún programa para el diseño del sistema de drenaje propuesto (tuberías, sumideros, cunetas), solo se aprecia un cálculo manual siguiendo los parámetros de la Norma OS.060	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
				Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
			Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.	
		No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.	
Autor(a):	Jiménez Hernández, Manuel	La evacuación final se realiza hacia un dren denominado "Cesar Vallejo", mediante una estación de bombeo.	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.	
Departamento:	Piura			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° IV.77: Discusión Antecedente N°07

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA			DISCUSIÓN	
N°07	Tema:	"Diseño de la red de drenaje pluvial urbano en Urb. La Pradera -Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque"	No hace mención en la utilización de algún programa para el diseño del sistema de drenaje propuesto (tuberías, sumideros, cunetas), solo se aprecia un cálculo manual siguiendo los parámetros de la Norma OS.060	Se realizó un estudio de inundabilidad mediante una simulación del área de estudio empleando el programa ARCGIS e IBER 2D , con la finalidad de observar las zonas más inundables.
				Se realizó el diseño hidráulico empleando el programa SEWERGENS
				Se realizó una evaluación de un Sistema de reutilización, mediante la instalación de celdas aquacell pavco , el cuál no resulta viable.
			No se hace mención en considerar un Sistema de reutilización para las aguas de lluvia.	La evacuación final de las aguas recolectadas, fue hacia un dren denominado "Huaca Brava", el cual desemboca en el río Lambayeque.
	Autor(a):	Carrera Miranda, Jorge Omar	No se hace mención hacia donde será la evacuación final de las aguas recolectadas.	Se realizó una simulación del dren "Huaca Brava", empleando el programa IBER 2D , con el caudal total a evacuar, para observar si este tiene la sección suficiente para evacuar el caudal.
Departamento:	Lambayeque			

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1. Interpretación

De acuerdo a los cuadros presentados anteriormente, se puede hacer mención lo siguiente:

- ✓ En ninguno de los antecedentes, se realiza una simulación hidráulica del área de estudio, para tener con mayor certeza las zonas inundables, solo toman como referencia la topografía para ubicar las estructuras del sistema de drenaje.
- ✓ No se hace mención en considerar un sistema de reutilización para las aguas de lluvia y mucho menos se realiza una evaluación para ver la viabilidad de un sistema de reutilización.
- ✓ No se realiza una simulación hidráulica para ver el comportamiento de la estructura donde se evacuarán las aguas recolectadas.

Con respecto al desarrollo de la presente tesis, se puede hacer mención lo siguiente:

- ✓ Se realizó una simulación hidráulica del área de estudio, para poder observar las zonas inundables que se presentan. A si mismo se realizó la simulación hidráulica para el dren “Huaca Brava”, por donde se evacuarán las aguas recolectadas, para poder verificar si la sección que tiene este, es suficiente para evacuar el caudal calculado. Se utilizó el programa ARCGIS e IBER 2D.
- ✓ Se realizó una evaluación de un sistema de reutilización para las aguas de lluvia, mediante la instalación de celdas aquacell pavco, el cual resultado no viable, porque con las áreas disponibles, solo se podría aprovechar el 9.78% del volumen total a evacuar. A si mismo se descarta el sistema de reutilización, debido a que el periodo de lluvias en la costa ocurre durante los meses de enero-marzo, el resto del año la probabilidad de ocurrencia de lluvias es baja y las estructuras (celdas aquacell) estarían sin funcionar.

4.9.2. Limitaciones del Estudio

Con respecto a las limitaciones que tiene el desarrollo de este proyecto, principalmente se presentan por el COVID-19, el cual ha impedido la realización de las actividades en todo el país, por este motivo se ha tenido la dificultad de acceso a equipos. Se hace mención lo siguiente:

- ✓ Para realizar el ensayo de infiltración del suelo presentado en el Ítem 4.4.5, no se tuvo acceso a la adquisición de equipos (infiltrómetro de doble anillo), por lo cual se realizó una prueba de infiltración casera, que consistió en emplear un tubo PVC para medir el descenso del agua. Cabe mencionar que los datos obtenidos mediante este ensayo no son muy precisos.
- ✓ Para el estudio de suelos, solo se realizaron 5 calicatas en campo y se tomaron los datos de 2 calicatas de un estudio realizado en la zona de estudio. No se tuvo acceso al laboratorio de suelos de la Universidad, por lo cual los ensayos se realizaron en un laboratorio externo.
- ✓ Para el estudio hidrológico se emplearon los datos de precipitación máxima en 24 horas de la Estación Meteorológica Pucalá, debido a que no se tiene un registro de datos del área de estudio. Así mismo en el Distrito de Pátapo no existe una Estación Meteorológica o Pluviométrica que registre las precipitaciones ocurridas durante un período de lluvias.

V. CONCLUSIONES

- El estudio de tránsito nos da un ESAL de 883 687, con el cual se realizó el diseño del nuevo pavimento flexible que se instalará.
- Del estudio de mecánica de suelos se puede apreciar que el área de estudio, en su gran mayoría presenta un suelo tipo arena-arcillosa y en el cuál no se encontró la presencia del nivel freático.
- La capa de infiltración que presenta el suelo es alta, esto se debe al tipo de suelo arenoso, el cual tiene una capacidad de infiltración alta.
- El sistema de drenaje pluvial propuesto lo conforman 12 pozos de registro, 13 sumideros tipo ventana y 1382 ml de tubería PVC.
- El sistema de transporte de las aguas pluviales, está conformada por tubería PVC, 189.50 ml de tubería de diámetro 250 mm, 1098 ml de tubería de diámetro 450 mm y 95 ml de tubería de diámetro 630mm.
- La topografía que presenta el área del proyecto, corresponde a una topografía plana, debido a que el promedio de las pendientes de todas las calles es menor a 2%
- La instalación de un sistema de reutilización empleando celdas aquacell pavco, resulta no viable, porque con las áreas que se pueden utilizar, solo se aprovecharía un 9.78% de volumen total de agua que precipita en el área de estudio.
- Con la evaluación de impacto ambiental, se concluye que con la ejecución del proyecto se originaran impactos negativos, los cuales pueden mitigarse con un plan de manejo ambiental.
- El plazo de ejecución del proyecto es de 120 días calendario.
- El presupuesto total del proyecto es de 3,006, 333.65 nuevos soles.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo un mantenimiento periódico del sistema de drenaje pluvial, con la finalidad de evitar problemas de obstrucciones por la presencia de residuos y así garantizar un buen funcionamiento del sistema para el período de lluvias.
- Se recomienda realizar el plan de manejo ambiental de manera eficaz, para así mitigar considerablemente los impactos negativos que se presenten con la ejecución del proyecto.
- Se recomienda que el plan de participación ciudadana sea de manera obligatoria, para que así la población que se verá influenciada por el proyecto, tenga el conocimiento de los beneficios del proyecto como también los impactos que se originaran con la ejecución del mismo.

VII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] H. Ávila, «Perspectiva del manejo de drenaje pluvial frente al cambio climático-caso de estudio: Ciudad de Barranquilla, Colombia,» *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá D.C.*, n° 36, pp. 54-59, 2012.
- [2] . R. F. Fuentes Mamani y M. Á. Reinoso Infantes, “Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial en las Avenidas Andrés Avelino Cáceres, Dolores, Alcides Carrión, Garcilaso de la Vega y Estados Unidos en el Distrito de José Luis Bustamante y Riv, Arequipa, 2015.
- [3] Á. R. Gonzales Remond y A. A. Velazco Madrid, Sistema de Drenaje Pluvial para el Distrito de Mariano Melgar, Arequipa, Arequipa, 2014.
- [4] P. C. Rojas Naira, “Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la ampliación del software SWMM”, Puno, 2016.
- [5] M. Jimenez Hernández, Design of the pluvial drainage and evaluation of the environmental impact in urb. The Chilcal of the city of Piura. Degree thesis: University of Piura, Piura, 2018.
- [6] G. J. Solórzano Rodríguez, Evaluación de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Victor Larco Herrera-Trujillo. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, 2018.
- [7] J. O. Carrera Miranda, Design of the urban pluvial drainage network in urb. La Pradera - Distrito de Pimentel -Province of Chiclayo-Department of Lambayeque. Degree thesis: Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, 2018.
- [8] Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanamiento, OS. 060: Drenaje Pluvial Urbano, Lima: Macro, 2017.
- [9] Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanamiento, E.050: Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones, Lima: Macro, 2018.
- [10] Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, Lima: Limusa S.A., 2008.
- [11] Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC, Manual de Ensayo de Materiales, Lima: Limusa S.A., 2016.
- [12] Perú. Ministerio del Ambiente, Ley N°2861 : Ley General del Ambiente, Lima: Diario El Peruano, 2005.
- [13] Perú. Ministerio del Ambiente, Ley N°28804: Ley que Regula la Declaratoria de Emergencia Ambiental, Lima: Diario El Peruano, 2008.
- [14] Perú. Ministerio del Ambiente, Ley N°27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Lima: Diario El Peruano, 2009.

- [15] M. d. T. y. C. (MTC), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico-2018, Lima: Limusa S.A., 2018.
- [16] M. d. T. y. C. (MTC), Manual de Carrteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima: Limusa S.A., 2013.
- [17] R. Chanamé Orbe, Constitución Política del Perú, Lima: AC Ediciones, 1993.
- [18] C. d. l. República, «Ley N°28611: Ley General del Ambiente,» *Diario Oficial El Peruano*, 2005.
- [19] Ministerio del Ambiente-MINAM, Ley N°27 446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, Lima: Editora Perú, 2009.
- [20] Congreso de la República, «Ley N°23853: Ley Orgánica de Municipalidades,» *Diario Oficial El Peruano*, 2003.
- [21] Congreso de la República, «Ley N°27 314: Ley General de Residuos Sólidos,» *Diario Oficial El Peruano*, 2000.
- [22] V. Conesa Fernandez, Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, Madrid: Mundi-Prensa, 2010.
- [23] A. Palacios Ruiz, Acueductos, Cloacas y Drenajes, Caracas: Publicaciones UCAB, 2008.
- [24] G. R. Molero Cris, «El control constitucional de los acuerdos en forma simplificada en Colombia. Un caso de evasión del control,» *International Law*, p. 8, 2006.
- [25] G. Jimenez Cleves, Topografía para Ingenieros Civiles, Armenia: Universidad de Quindío, 2007.
- [26] I. W. R. Gámez Morales, Texto Básico Autoformativo de Topografía General, Managua: UNA, 2015.
- [27] M. Villón Bejar, Hidrología, Lima: Villón, 2002.
- [28] R. T. Cárdenas Fleires, «Diseño de un sistema de drenaje pluvial optimo y funcional para el sector "La Rotaria" de la Parroquia Raúl Lecni de Maracaibo.Edo-Zulia,» Zulia, 2006.
- [29] G. Marinez Candelo, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible "SUDS" como alternativa de control y regulación de las aguas de lluvias en la ciudad de Palmira, Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2013.
- [30] México. Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable y Saneamiento, México: Alfaomega, 2007.
- [31] Perú. Indecopi, NTP 339.129, Lima: Indecopi, 1999.

- [32] J. Dolz Ripollés y M. Gómez Valentin, Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes recolectoras, Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería Hidráulica, 1994.
- [33] S. M. Miranda Naranjo y P. C. Jefferson Fernando, Diseño del drenaje superficial de calles en el proyecto vial sector 3, de la Parroquia Pacuales, ubicado entre el km18 y 22 de la vía perimetral (av. 56 N-O), utilizando el software "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" de la Environmental Protection Agency, Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería, 2012.
- [34] J. Sánchez San Román, Hidrología Superficial y Subterránea, Createspace Independent Pub, 2017, p. 414.
- [35] 2. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales, Lima: Limusa S.A., 2016.
- [36] E. P. Yáñez Portal, "Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos Y JR. Santa Rosa", Cajamarca, 2014.
- [37] Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, OS. 060: Drenaje Pluvial Urbano, Lima: Macro, 2017.
- [38] SENAMHI, «"El Fenómeno del Niño en el Perú",» Digital Print Servie EIRL, Lima, 2015.
- [39] INDECI, «"Plan de Prevención Ante Desastres",» Lima, 2014.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 01: DOCUMENTOS

Documento 01: Solicitud de constancia de la No Existencia del Proyecto

AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

SOLICITA: PERMISO DE LA NO EXISTENCIA DEL PROYECTO


Sr. JUAN GUEVARA TORRES
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PÁTAPU

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
DE PÁTAPU

06 JUN. 2019

RECEPCION

Hora: 10:30 AM No. de Expediente: 2362


Folios: 02 Firma: 

DIEGO ARMANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, identificado con DNI 75179847, estudiante de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica "SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO", de la ciudad de Chiclayo, ante UD, con mucho respeto me presente y expongo.

Que en la fecha me encuentro realizando mis estudios en la referida Universidad y que cierto requisito es contar con un permiso de autorización sobre la inexistencia de un proyecto similar a la de mi tesis titulado "Diseño de la red de drenaje pluvial del Distrito de Pátapu, provincia Chiclayo, Departamento de Lambayeque".

Por lo referido a UD señor alcalde, pido se me permita dicha autorización y así poder desarrollar mi proyecto de tesis.

Por lo expuesto a UD señor alcalde solicito se me autorice mi pedido.



Diego Armando Sánchez Fernández
DNI: 75179847

Pátapu, 06 de abril del 2019

Documento 02: Respuesta de la Municipalidad a la Solicitud de constancia de la No Existencia del Proyecto



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PATAPO

Ley de Creación 26921 de fecha 29 Enero 1998

PÁTAPO - CHICLAYO

CARTA N° 022-2019-ING° JVE/ASGEEO/MDP

A : Ing. Aníbal Díaz Orrego
Director de Escuela Ingeniería Civil Ambiental

Asunto : Respuesta a Documento

Ref. : Informe

Fecha : Patapo, 07 de Junio del 2019

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez para comunicarle que en esta Sub Gerencia De Estudios y Ejecución de Obras, no existe el Proyecto denominado: "Diseño de la Red de Drenaje Pluvial del Distrito de Patapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque ", así como en el banco de proyectos no existe proyecto con esta denominación, por lo que mi área considera apremiante apoyar al estudiante de Ingeniería Civil Diego Armando Sánchez Fernández en su proyecto de Tesis, brindando las facilidades en el desarrollo de dicho Expediente Técnico.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PATAPO
Ing. Julio Cesar Vera Edquen
CIP: 1636678
MANEJO DE ESTUDIOS Y EJECUCION DE OBRAS

C.C.

Archivo Personal.

Página 1

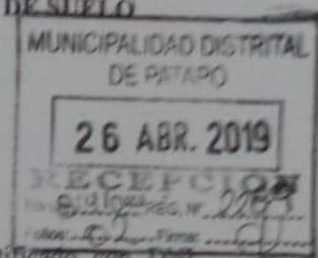
Documento 03: Permisos para realizar los estudios correspondientes

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

SOLICITA: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR MUESTRAS DE SUELO

Sr. JUAN GUEVARA TORRES

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PÁTAPU

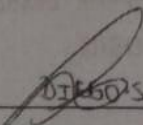


DIEGO ARMANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, identificado con DNI 75179847, estudiante de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica "SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO", de la ciudad de Chiclayo, ante UD, con mucho respeto me presente y expongo.

Que en la fecha me encuentro realizando mis estudios en la referida Universidad y que parte de mi trabajo es realizar un muestreo de suelos en el Distrito de Pátapu, para mi proyecto de tesis titulado "Diseño de la red de drenaje pluvial del Distrito de Pátapu, provincia Chiclayo, Departamento de Lambayeque".

Por lo referido a UD señor alcalde, pido se me permita realizar dichos muestreos, para así poder realizar los ensayos que serán de gran ayuda para la realización de mi proyecto de tesis.

Por lo expuesto a UD señor alcalde solicito se me autorice mi pedido.



Diego Armando Sánchez Fernández

DNI: 75179847

Pátapu, 26 de Abril del 2019

Documento 04: Constancia de la existencia de pavimentación en las calles de la zona de ubicación del proyecto.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PATAPO
Ley de Creación 26921 de fecha 29 Enero 1998
PÁTAPO - CHICLAYO

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

PátaPO, 27 de Junio del 2019

CARTA N° 026-2019-ING° JVE/ASGEE0/MDP

ING.
ANÍBAL DIAZ ORREGO
DIRECTOR DE ESCUELA INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
CHICLAYO.-

ASUNTO: RESPUESTA A LO SOLICITADO
REF. : Informe

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y a la vez comunicarle nombre de la Subgerencia de Estudios y Ejecución de Obras;

Que, la zona de estudio Elegida para la Elaboración del Proyecto de Tesis del Estudiante Diego Armando Sánchez Fernández, Titulada: "Análisis y Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano del Distrito de PátaPO, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque"; cuenta con su respectiva Pavimentación en todas sus calles y asimismo con el Sistema de Alcantarillado Sanitario. Por lo que mi área considera apremiante apoyar al estudiante en su Proyecto de Tesis y brindar las facilidades en el desarrollo de dicho Expediente Técnico.

Es todo cuanto tengo que informar a usted, para los fines pertinentes necesarios.

Atentamente,



C.C.
Archivo Personal.

Av. Real s/n - Telf.: 42-8205 - PÁTAPO

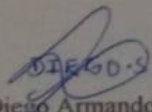
Documento 05: Declaración jurada

ESTE DOCUMENTO NO HA SIDO
REDACTADO EN ESTA NOTARIA

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

DECLARACIÓN JURADA

Yo DIEGO ARMANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, identificado con DNI 75179847, con código universitario: 151BE52250, con domicilio en Calle Juda 379 Manzana E lote 10- Urbanización Miraflores -Etapa 1, estudiante de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica "SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO", de la ciudad de Chiclayo, declaro bajo juramento que el proyecto denominado: "Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del Distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque", no ha sido ni viene siendo desarrollado por ninguna persona o institución, sometiéndome a las sanciones que tiene la Universidad, por la cual firmo el presente documento en señal de veracidad.

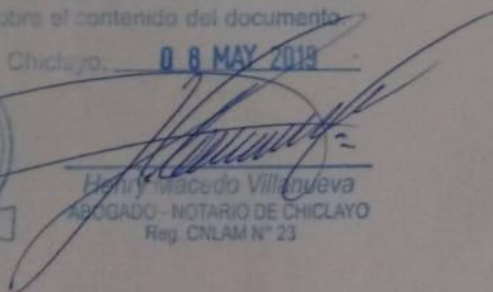

Diego Armando Sánchez Fernández
DNI: 75179847

CERTIFICO: Que la firma que antecede pertenece
Diego Armando Sánchez Fernández
identificado (a) con: DNI: 75179847
Conforme al art. 108 D. Leg. 1049, El Notario asume
responsabilidad sobre el contenido del documento.

Chiclayo, 08 de Mayo del 2019



Chiclayo, 08 MAY 2019


Henry Macedo Villanueva
ABOGADO - NOTARIO DE CHICLAYO
Reg. CNLAM N° 23

ANEXO N° 02: ENCUESTA

Encuesta aplicada a la población del Distrito de Pátapo, respecto a la problemática que se presenta por el inexistente sistema de drenaje pluvial.

Género: Masculino Femenino

1. ¿Considera usted que el inexistente Sistema de Drenaje Pluvial es una problemática para el Distrito de Pátapo?
a) Si b) No

2. ¿Las inundaciones que se presentan en las calles del Distrito de Pátapo durante el período de lluvias por el inexistente Sistema de Drenaje Pluvial, afecta a los pobladores?
a) Si b) No

3. ¿Ha tenido alguna dificultad para transitar por las calles, cuando está lloviendo?
a) Si b) No

4. ¿Ha sufrido alguna enfermedad que traen consigo las lluvias?
a) Dengue
b) Zika
c) Otro Especifique: _____
d) Ninguna

5. ¿Debería la Municipalidad Distrital de Pátapo gestionar un proyecto para la construcción de un Sistema de Drenaje Pluvial?
a) Si b) No

6. ¿Cree Usted que construyendo un Sistema de Drenaje Pluvial se podría corregir este problema?
a) Si b) No

7. ¿Qué le parece la construcción de un Proyecto de Sistema de Drenaje Pluvial en el Distrito de Pátapo?

a) Bueno

b) Malo

RESULTADOS DE ANEXO N° 02

Se realizó la encuesta a una muestra de 30 personas, las cuales habitan dentro del área de estudio y se verán influenciadas por la presencia del proyecto. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el 96.7% de la muestra encuestada, está a favor con la construcción de un proyecto de drenaje pluvial para el Distrito de Pátapo.

TABLA N°VIII.1

¿Considera usted que el inexistente Sistema de Drenaje Pluvial es una problemática para el Distrito de Pátapo?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93.3
No	2	6.7
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

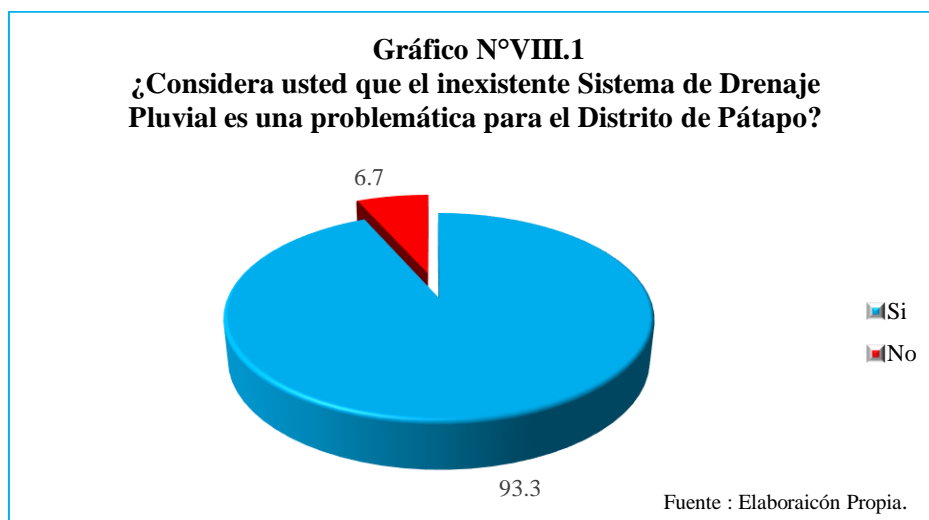


TABLA N°VIII.2

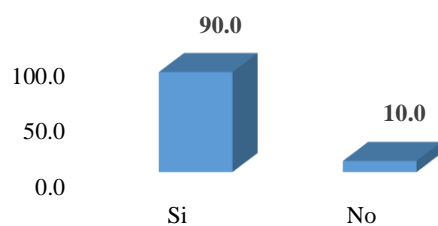
¿Las inundaciones que se presentan en las calles del Distrito de Pátapo durante el período de lluvias por el inexistente Sistema de Drenaje Pluvial, afecta a los pobladores?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	27	90.0
No	3	10.0
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.2

¿Las inundaciones que se presentan en las calles del Distrito de Pátapo durante el período de lluvias por el inexistente Sistema de Drenaje Pluvial, afecta a los pobladores?



Fuente : Elabaraicón Propia.

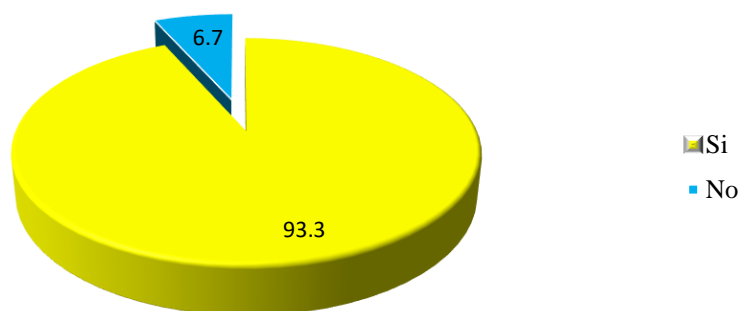
TABLA N°VIII.3

¿Ha tenido alguna dificultad para transitar por las calles, cuando está lloviendo?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93.3
No	2	6.7
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.3
¿Ha tenido alguna dificultad para transitar por las calles, cuando está lloviendo?



Fuente : Elaboraicón Propia.

TABLA N°VIII.4

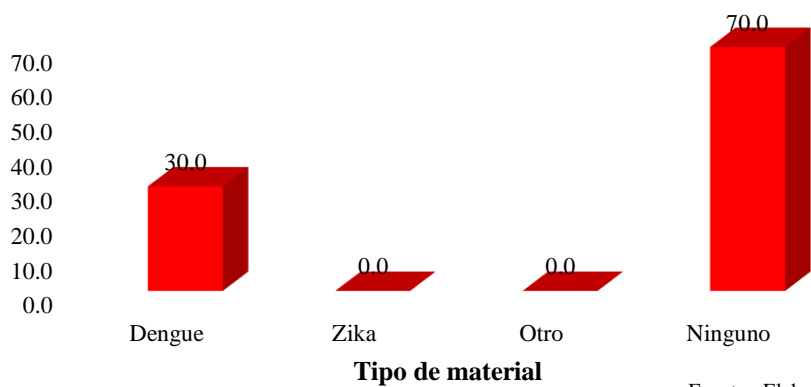
¿Ha sufrido alguna enfermedad que traen consigo las lluvias?

Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Dengue	9	30.0
Zika	0	0.0
Otro	0	0.0
Ninguno	21	70.0
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.4

¿Ha sufrido alguna enfermedad que traen consigo las lluvias?



Fuente : Elaboraición Propia.

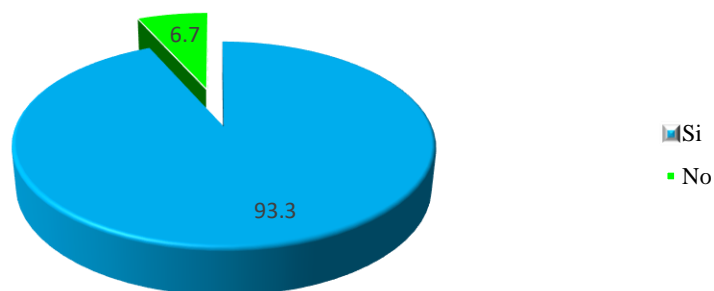
TABLA N°VIII.5

¿Debería la Municipalidad Distrital de Pátapo gestionar un proyecto para la construcción de un Sistema de Drenaje Pluvial?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93.3
No	2	6.7
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.5
¿Debería la Municipalidad Distrital de Pátapo gestionar un proyecto para la construcción de un Sistema de Drenaje Pluvial?



Fuente : Elaboreación Propia.

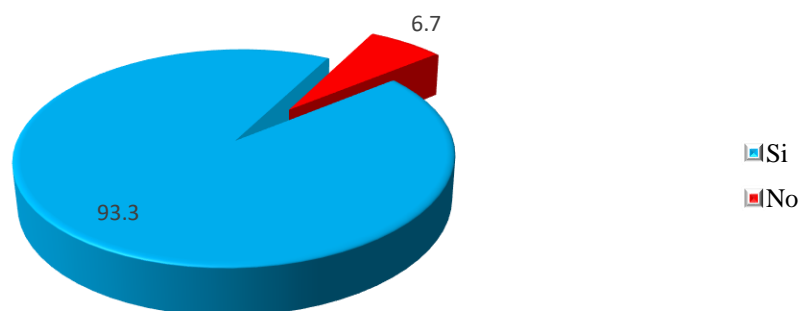
TABLA N°VIII.6

¿Cree Usted que construyendo un Sistema de Drenaje Pluvial se podría corregir este problema?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93.3
No	2	6.7
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.6
¿Cree Usted que construyendo un Sistema de Drenaje Pluvial se podría corregir este problema?



Fuente : Elaboraición Propia.

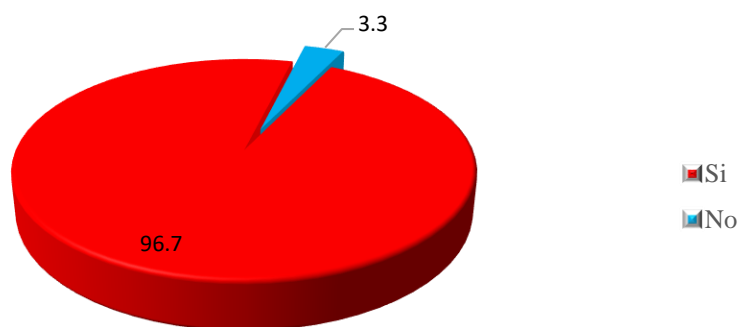
TABLA N°VIII.7

¿Qué le parece la construcción de un Proyecto de Sistema de Drenaje Pluvial en el Distrito de Pátapo?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	29	96.7
No	1	3.3
Total	30	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°VIII.7
¿Qué le parece la construcción de un Proyecto de Sistema de Drenaje Pluvial en el Distrito de Pátapo?



Fuente : Elaboraición Propia.

ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 3.1: Estación Total Leica



Fotografía 3.2: Toma de Puntos



Fotografía 3.3: Toma de Puntos



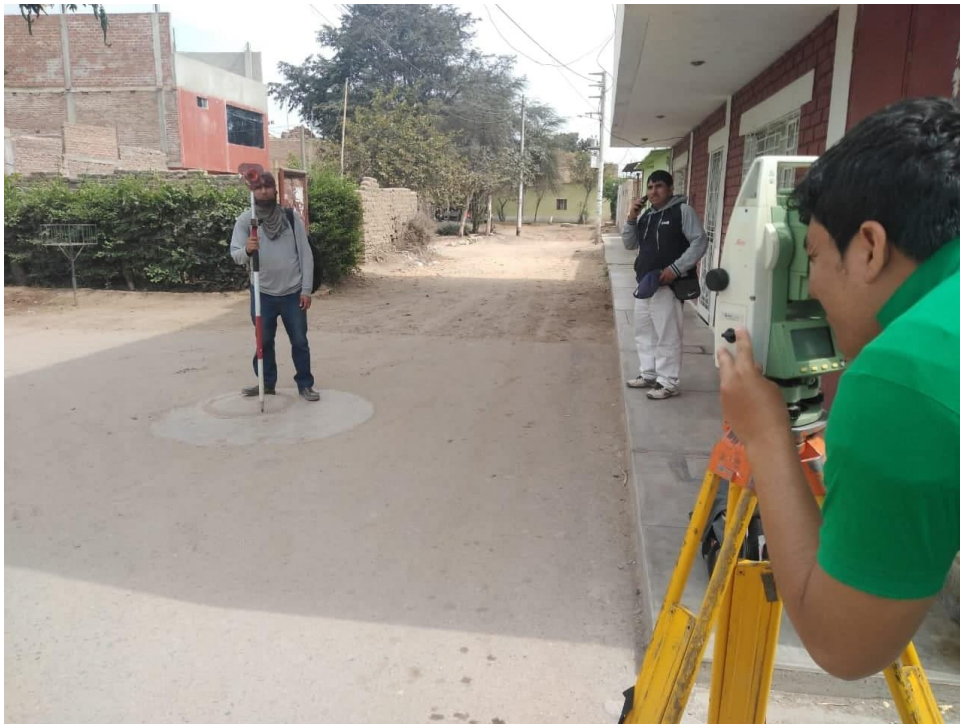
Fotografía 3.4: Toma de Puntos



Fotografía 3.5: Toma de Puntos



Fotografía 3.6: Toma de Puntos



Fotografía 3.7: Calicata N°01



Fotografía 3.8: Calicata N°02



Fotografía 3.9: Calicata N°03



Fotografía 3.10: Calicata N°04



Fotografía 3.11: Calicata N°05

