

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



**ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES  
COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CALLE ELOY  
URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS  
AGRÍCOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020**

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

**AUTOR**

**KELVIN MATHIUS GONZALES ABANTO**

**ASESOR**

**CARMEN CHILÓN MUÑOZ**

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

**Chiclayo, 2021**

**ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LAS  
CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE  
LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS  
INCAS Y LOS TERRENOS AGRÍCOLAS DEL SUR, LA  
VICTORIA, CHICLAYO, 2020**

PRESENTADA POR:

**KELVIN MATHIUS GONZALES ABANTO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR:

Miguel Angel Fernández Choquepuma  
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino  
SECRETARIO

Carmen Chilón Muñoz  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Va dedicada a Dios por darme la vida junto a mis seres queridos, a mis padres por siempre apoyarme en los momentos más difíciles, a mis amigos por estar en las buenas y en las malas, y a mis familiares que considero mucho.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por haberme apoyado a estudiar esta hermosa profesión, y por haberme inculcado valores que me sirvan y servirán para toda mi vida. Agradezco a todas las personas que me apoyaron en cualquier momento, siempre los tengo en consideración.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	14
ABSTRACT .....	15
I. INTRODUCCIÓN .....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	19
2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS .....	25
2.2.1. BASES LEGALES .....	25
2.2.2. PAVIMENTOS .....	27
2.2.3. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO .....	34
2.2.4. MÉTODOS PARA EL DISEÑO.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	49
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	49
3.4. PROCEDIMIENTOS.....	50
3.4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	50
3.4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	68
3.4.3. ESTUDIO DE SUELOS .....	83
3.4.4. ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....	102
3.4.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN 108	
3.4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN	151
3.4.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PAVIMENTACIÓN .....	178
3.4.8. PROYECCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO .....	179
3.4.9. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL SUPERFICIAL.....	190
3.4.10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	197
3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	212
3.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	213

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	214
4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	214
4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO .....	214
4.3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	215
4.4. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	215
4.5. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	216
4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	217
4.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PAVIMENTACIÓN .....	218
4.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL SUPERFICIAL.....	218
4.9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	218
V. CONCLUSIONES .....	219
VI. RECOMENDACIONES .....	221
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	222

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Transferencia de carga a la estructura del pavimento .....	27
Ilustración 2: Estructura típica - pavimentos flexibles .....	28
Ilustración 3: Estructura típica - pavimentos intertrabados .....	29
Ilustración 4: Estructura típica - pavimentos rígidos.....	30
Ilustración 5 Clasificación fracción limoso - arcillosa (AASHTO).....	35
Ilustración 6: Procedimiento de diseño Método AASHTO 1993 para pavimento flexible.....	40
Ilustración 7: Nomograma para el cálculo del SN metodología AASTHO - flexible.....	41
Ilustración 8: Carta de diseño – espesor total en carpeta asfáltica .....	43
Ilustración 9: Ábaco para base estabilizada de material granular .....	44
Ilustración 10 Ábaco para base estabilizada con asfalto .....	45
Ilustración 11 Ábaco para base estabilizada con cemento.....	45
Ilustración 12 Distribución de Gumbel .....	57
Ilustración 13 Gráfico de regresión potencial y la ecuación de intensidad máxima .....	61
Ilustración 14 Curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia) .....	63
Ilustración 15 Fórmula de conversión de volumen de tráfico al IMDA.....	73
Ilustración 16 Lambayeque: población censada y tasa de crecimiento promedio anual entre 2007 y 2017.....	76
Ilustración 17 PERÚ: Producto bruto interno por años, según departamentos valores a precios corrientes (Participación del VAB en el PBI).....	77
Ilustración 18 Porcentaje de vehículos livianos y pesados existentes .....	78
Ilustración 19 Localización de las calicatas realizadas .....	84
Ilustración 20 Tamices, envase y brocha empleados en el laboratorio .....	85
Ilustración 21 Balanzas empleadas en el laboratorio .....	86
Ilustración 22 Aparato manual para límite líquido.....	88
Ilustración 23 Colocación de la muestra de suelo preparada en el plato de cobre de la copa de Casagrande .....	89
Ilustración 24 Muestra de suelo acanalada diametralmente .....	89
Ilustración 25 Muestra de suelo acanalada en la copa de Casagrande antes y después de los golpes.....	90
Ilustración 26 Límites de Atterberg.....	99
Ilustración 27 California Bearing Ratio (CBR) .....	100
Ilustración 29 Estacionamiento del receptor estático en un punto permanente .....	105

Ilustración 30 Toma de información con el receptor dinámico en la calle Inca Yupanqui ....	106
Ilustración 31 Toma de información con el receptor dinámico en la calle Manuel Mesones Muro .....	107
Ilustración 32 Toma de información con el receptor dinámico en la calle 7 de agosto .....	107
Ilustración 33 Plano en planta con referenciación de las calles a pavimentar en la zona de estudio.....	108
Ilustración 34 Relación entre la confiabilidad y el valor presente .....	110
Ilustración 35 Carta para la estimación del coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico de gradación densa en el módulo elástico.....	115
Ilustración 36 Variación en el coeficiente estructural de capa base (a2) con diferentes parámetros de resistencia .....	116
Ilustración 37 Variación en el coeficiente estructural de capa de subbase granular (a3) con diferentes parámetros de subbase .....	117
Ilustración 38 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica .....	118
Ilustración 39 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica y base .....	119
Ilustración 40 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica, base y sub base .....	119
Ilustración 41 Espesores finales según la metodología AASTHO - flexible.....	122
Ilustración 42 Calculo del espesor de concreto asfáltico en pleno según el diagrama del INSITUTO DEL ASFALTO .....	125
Ilustración 43 Espesor en concreto asfáltico de las distintas capas.....	126
Ilustración 44 Espesores de cada capa estructural según el diseño Instituto del Asfalto .....	127
Ilustración 45 Valores de espesores mínimos recomendados para pavimentos flexibles .....	127
Ilustración 46 Espesores finales según la metodología Instituto del Asfalto.....	128
Ilustración 47 Gráfico de diseño de pavimentos articulados de concreto con base granular .	131
Ilustración 48 Espesores de cada capa estructural según el diseño ICPI.....	132
Ilustración 49 Catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular para un periodo de diseño de 20 años .....	133
Ilustración 50 Espesores finales según la metodología ICPI .....	134
Ilustración 51 Correlación del CBR y el Módulo de reacción de la Subrasante.....	138
Ilustración 52 Espesor de la capa de concreto y la ecuación de AASHTO para pavimento rígido.....	140
Ilustración 53 Espesores calculados según la metodología de diseño AASHTO-rígido.....	140
Ilustración 54 Catálogo de estructuras de pavimento rígido sin pasadores y con bermas de concreto y para un factor $J=3.8$ para un periodo de diseño de 20 años.....	141

Ilustración 55 Espesores finales según la metodología AASTHO - rígido .....	142
Ilustración 56 Espesores finales según la metodología PCA.....	145
Ilustración 57 Espesor final del pavimento flexible.....	151
Ilustración 58 Espesor final del pavimento intertrabado .....	152
Ilustración 59 Espesor final del pavimento rígido .....	152
Ilustración 60 Costos unitarios de fase de ejecución - Pavimento flexible .....	156
Ilustración 61 Costos unitarios de fase de ejecución–Pavimento intertrabado.....	158
Ilustración 62 Costos unitarios de fase de ejecución - Pavimento rígido.....	160
Ilustración 63 Costos unitarios de fase de mantenimiento - Pavimento flexible.....	163
Ilustración 64 Costos unitarios de fase de mantenimiento - Intertrabado .....	165
Ilustración 65 Costos unitarios de fase de mantenimiento - rígido.....	166
Ilustración 66 Condición típica del ciclo de vida de un pavimento .....	171
Ilustración 67 Ciclo de vida del pavimento con y sin mantenimiento .....	172
Ilustración 72 Leyenda de plano del sistema de agua potable existente .....	180
Ilustración 73 Red existente del sistema de agua potable en la zona del proyecto.....	181
Ilustración 74 Área de redes existentes y proyectadas de agua potable .....	182
Ilustración 75 Leyenda de plano del sistema de agua potable proyectada y existente.....	183
Ilustración 76 Red existente y proyectada de agua potable en la zona del proyecto .....	184
Ilustración 77 Ubicación de la cámara de bombeo con respecto al área del proyecto.....	185
Ilustración 78 Leyenda de plano del sistema de alcantarillado existente .....	186
Ilustración 79 Red existente del sistema de alcantarillado en la zona del proyecto.....	187
Ilustración 80 Área de redes existentes y proyectadas de alcantarillado.....	188
Ilustración 81 Detalle de caídas especiales de buzones.....	189
Ilustración 82 Leyenda de plano del sistema de alcantarillado proyectada y existente .....	189
Ilustración 83 Red existente y proyectada de alcantarillado en la zona del proyecto.....	190
Ilustración 84 Ubicación del canal Tocnope en referenciación al área del proyecto.....	191
Ilustración 85 Vista Satelital del distrito de La Victoria señalando la ubicación del proyecto .....	198
Ilustración 86 Área de influencia ambiental directa del proyecto.....	199
Ilustración 87 Área de influencia ambiental indirecta del proyecto.....	199
Ilustración 88 Mapa de demarcación política .....	202
Ilustración 89 Fotografía de la situación actual de la calle N° 5.....	203
Ilustración 91 Identificación de impactos en las actividades programadas del proyecto.....	207
Ilustración 92 Matriz de Leopold para el desarrollo del proyecto con la alternativa	

seleccionada de pavimentación flexible .....	208
Ilustración 28 Resumen de los ensayos de laboratorio.....	215

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Índice de grupo vs Calidad de la sub rasante .....	35
Tabla 2 Clasificación AASTHO en suelos .....	36
Tabla 3 Símbolos utilizados en la clasificación SUCS.....	36
Tabla 4 Correlación del sistema AASTHO - SUCS.....	37
Tabla 5 Tabla de precipitación máxima anual-Reque (1999-2020).....	51
Tabla 6 Valores críticos de la prueba de kolmogorov - smirnov .....	53
Tabla 7 Distribución normal .....	54
Tabla 8 Distribución log 2 parámetros .....	55
Tabla 9 Distribución gamma 2 parámetros.....	56
Tabla 10 Precipitación de las distribuciones.....	58
Tabla 11 Máxima precipitación diaria según el periodo de retorno.....	58
Tabla 12 Coeficientes de duración de lluvias .....	58
Tabla 13 Precipitaciones máximas Pd según los tiempos de duración de lluvias.....	59
Tabla 14 Intensidades de lluvia según duración de precipitación y frecuencia de la misma ...	60
Tabla 15 Coeficiente y exponente de regresión .....	61
Tabla 16 Intensidades - tiempo de duración .....	62
Tabla 17 Tiempo de concentración .....	64
Tabla 18 Coeficientes de esorrentía para ser utilizados por el método racional .....	65
Tabla 19 Caudales circundantes por las vías .....	66
Tabla 20 Resumen de conteo vehicular diario en la primera estación de control.....	69
Tabla 21 Resumen de conteo vehicular diario en la segunda estación de control .....	69
Tabla 22 Conversión de moto taxis y motos lineales existentes a autos en la primera estación de control (Mesones Muro con Varayoc) .....	70
Tabla 23 Resumen de conteo vehicular diario corregido en la primera estación de control ...	71
Tabla 24 Índice medio diario de la primera estación de control .....	71
Tabla 25 Índice medio diario semanal de la primera estación de control .....	72
Tabla 26 Índice medio diario anual (IMDA) .....	74
Tabla 27 Distribución porcentual actual según tipo de vehículo .....	75
Tabla 28 Periodo de diseño según el tipo de carretera .....	76
Tabla 29 Resumen de tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados.....	77
Tabla 30 Proyección de tráfico al año 2041.....	78
Tabla 31 Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril	

de diseño .....	79
Tabla 32 Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos Rígidos .....	80
Tabla 33 Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos .....	80
Tabla 34 Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) – Pavimento Flexible e intertrabado .....	81
Tabla 35 Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) – Pavimento Rígido .....	82
Tabla 36 Factor K.....	91
Tabla 37 Métodos alternativos para el desarrollo del ensayo de proctor modificado .....	95
Tabla 38 Análisis granulométrico .....	98
Tabla 39 Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO .....	99
Tabla 40 Niveles de confiabilidad sugeridos por AASHTO .....	109
Tabla 41 Valores de ZR para diversos grados de confiabilidad en la curva normal .....	111
Tabla 42 Índice de Serviciabilidad Final (Pt) .....	112
Tabla 43 Calidad de drenaje .....	114
Tabla 44 Valores recomendados de coeficiente de drenaje para bases y sub bases no tratadas en pavimentos flexibles .....	114
Tabla 45 Datos de entrada al programa AASHTO 93 para el cálculo del SN.....	118
Tabla 46 Espesores mínimos recomendados de capa superficial y base granular según el ESAL de diseño.....	120
Tabla 47 Información necesario para el cálculo de espesores de cada capa AASHTO flexible .....	120
Tabla 48 Variables necesarias para desarrollar la metodología del Instituto del Asfalto para el diseño de pavimentos flexibles .....	123
Tabla 49 Requisitos de calidad de las capas granulares .....	123
Tabla 50 Espesor mínimo de concreto asfáltico para bases estabilizadas con emulsión asfáltica .....	124
Tabla 51 Espesor mínimo de concreto asfáltico para bases granulares sin estabilizar .....	124
Tabla 52 Valores recomendados de espesores mínimos de adoquín de concreto y de cama de arena.....	129
Tabla 53 Valores recomendados de espesores mínimos para base granular .....	129
Tabla 54 Categorías de subrasante .....	130

Tabla 55 Valores de coeficiente de transmisión de carga J .....	136
Tabla 56 Valores recomendados de resistencia del concreto según el rango de tráfico.....	136
Tabla 57 Datos de entrada para el cálculo de espesores .....	139
Tabla 58 Distribución de vehículos por día y carril de diseño por cada 1000 vehículos .....	143
Tabla 59 Número de ejes esperados por cada 1000 vehículos comerciales .....	144
Tabla 60 Distribución del número de ejes por cada 1000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje.....	144
Tabla 61 Análisis de erosión y fatiga con el programa BS-PCA .....	144
Tabla 62 Descripción de los tipos de juntas.....	145
Tabla 63 Diámetros, longitudes y separaciones recomendados en pasadores .....	146
Tabla 64 Diámetros y longitudes recomendados en barras de amarre .....	146
Tabla 65 Dimensiones de losa .....	147
Tabla 66 Valores referenciales coeficiente de expansión.....	148
Tabla 67 Valores referenciales de coeficiente de expansión .....	148
Tabla 68 Cajas para selladores líquidos 1.....	149
Tabla 69 Cajas para selladores de líquidos 2.....	150
Tabla 70 Longitudes, anchos y superficies de cada calle .....	153
Tabla 71 Longitud total de calles según su ancho promedio .....	153
Tabla 72 Resumen de metrados para pavimento flexible.....	154
Tabla 73 Resumen de metrados para pavimento intertrabado .....	154
Tabla 74 Resumen de metrados para pavimento rígido .....	155
Tabla 75 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-pavimentos flexibles.....	175
Tabla 76 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-pavimentos intertrabados.....	176
Tabla 77 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-pavimentos rígidos .....	177
Tabla 81 Superficies permeables e impermeables en la zona del proyecto.....	192
Tabla 82 Coeficiente de rugosidad de Manning para calles y calzadas .....	193
Tabla 83 Representación de la capacidad máxima de caudal en secciones de vías.....	194
Tabla 84 Capacidad máxima del caudal por secciones de vías.....	195
Tabla 85 Actividades proyectadas con potencial a causar impacto .....	205
Tabla 86 Componentes del ambiente potencialmente afectables.....	206

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo determinar la mejor alternativa de pavimentación para las calles que se encuentran dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, las avenidas los Incas e Imperio y los terrenos agrícolas del sur en el distrito de La Victoria, Chiclayo. Para determinar el objetivo del proyecto, se desarrolló una comparación técnica y económica entre las alternativas de pavimentación flexible, intertrabada y rígida. Se realizaron los estudios hidrológicos, de tráfico, de suelos y el topográfico con los que se determinaron los parámetros necesarios para el diseño. Posteriormente se hallaron los espesores de cada una de las alternativas para luego realizar la comparación del presupuesto de cada una de ellas tanto en la fase de construcción y como en la de mantenimiento. De este análisis se obtuvo que para la zona del proyecto se recomienda emplear la alternativa de pavimentación flexible. Además, se realizó también el sistema de drenaje superficial dejando un bombeo del 2% en todas las calles evaluadas. Finalmente, se realizó el EIA, con el cual se plantearon medidas mitigadoras para los impactos ambientales negativos que se podrían generar en la fase de construcción.

**Palabras claves:** alternativa, pavimentación, flexible, intertrabada, rígida.

## ABSTRACT

The objective of this project is to determine the best paving alternative for the streets that are within the perimeter of Eloy Ureta Street, Los Incas and Imperio avenues and the southern agricultural lands in the district of La Victoria, Chiclayo. To determine the project objective, a technical and economic comparison was developed between flexible, interlocked and rigid paving alternatives. Hydrological, traffic, soil and topographic studies were carried out with which the necessary parameters for the design were determined. Subsequently, the thicknesses of each of the alternatives were found to then make the comparison of the budget of each of them both in the construction phase and in the maintenance phase. From this analysis it was obtained that for the project area it is recommended to use the flexible paving alternative. In addition, the surface drainage system was also carried out, leaving a 2% pumping in all the evaluated streets. Finally, the EIA was carried out, with which mitigating measures were proposed for the negative environmental impacts that could be generated in the construction phase.

**Keywords:** alternative, paving, flexible, interlocked, rigid.

## I. INTRODUCCIÓN

La economía de un país está ligada estrechamente a los medios de transporte como las carreteras, siendo necesaria para la movilización de pasajeros y mercancías al interior o al exterior de un límite determinado, también permite una comunicación más rápida y directa entre localidades para afianzar una relación entre ambas, debido a esta importancia de las carreteras es que se deben tomar en cuenta las especificaciones técnicas que garanticen el correcto funcionamiento durante todo el periodo de diseño del pavimento. Las carreteras pavimentadas están expuestas durante todo el periodo de su vida útil a fallas y deterioros que son aún más notorios cuando se evidencian errores constructivos o de diseño. “Sin embargo, a pesar de su gran importancia, el diseño y la construcción de calles requiere de grandes inversiones, por lo que, para su construcción, son obras que deben ser analizadas cuidadosamente a fin de lograr estructuras que sean técnicamente realizables, funcionales y económicamente factibles”. [1]

En el Perú ha sido evidente el crecimiento poblacional, demográfico y del parque automotor, por lo que resulta necesaria la construcción de nuevas vías de acceso. Estas son importantes para la integración urbana de las localidades y por ser una de las políticas de trabajo de los gobiernos locales. Sin embargo, los financiamientos para la construcción de estas vías por lo general son costosos, de igual manera que los de mantenimiento debido al prematuro deterioro en las estructuras viales dados por diferentes factores (climatológicos, diseño, procesos constructivos, etc). Existen diferentes problemas ocasionados por la falta de este tipo de estructuras. Según [2], “si las infraestructuras viales son inadecuadas las comunidades no pueden realizar satisfactoriamente el intercambio comercial mucho menos acceder a los servicios básicos, perjudicando su economía y por ende incrementando la pobreza”.

A nivel local, en La Victoria, también son necesarias la construcción de nuevas vías de acceso debido al crecimiento demográfico de la población en sus alrededores. La falta de pavimentación dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, la av. Imperio, la av. Los Incas y los terrenos agrícolas del sur, La Victoria, Chiclayo, ocasionan incomodidades a los pobladores, debido a la mala transitabilidad vehicular y peatonal que existe en la zona. El deficiente estado actual de la superficie de rodadura, que se denota en las secciones irregulares tanto longitudinales como transversales, generan que algunos

conductores prefieran evitar cruzar por la zona de estudio, debido a que los vehículos transitan con dificultad, a una baja velocidad y reciben daños graduales deteriorándolos lentamente con el paso del tiempo. Según [3], las rutas y vías en mal estado (en casos extremos) pueden ir desde la rotura de amortiguadores y llantas, la expulsión del aire de las ruedas, hasta incluso la posibilidad de accidentes entre vehículos y transeúntes. En el mejor de los casos los daños en el vehículo pueden ser graduales y con el paso del tiempo deteriorar lentamente el tren delantero, reduciendo de este modo su vida útil. Según [4], el mal estado de las infraestructuras viales produce un crecimiento de gasto en combustible de hasta 34% disminuyendo además hasta en un 25% la vida útil de los vehículos y generando un 34% más contaminación por el incremento de las emisiones de gases.

El fenómeno del niño y otras lluvias fuertes afectan principalmente a las calles no pavimentadas, imposibilitando el adecuado flujo vehicular y peatonal. Por otro lado, en épocas de carencia de lluvia, se genera gran cantidad de polvo que se denota con mayor intensidad cuando los vehículos transitan por la zona, generando riesgos de enfermedades respiratorias y/o alérgicas de los pobladores. Según [5], la emisión de polvo de los caminos no pavimentados en varias zonas del país, sobre todo durante la época seca, genera graves afectaciones a las comunidades, entre ellas ingreso de polvo a viviendas, escuelas, centros médicos y hoteles, así como efectos en la salud de las personas como daños visuales, alergias, y problemas respiratorios.

La justificación del proyecto abarca cuatro aspectos: económico, social, ambiental y técnico que beneficiarán a la localidad de estudio. En el aspecto económico se contribuirá en: el desarrollo económico, la reducción de gastos debido a la conservación y operación de vehículos que circulen por la zona, aumentar el costo adquisitivo de las viviendas. En el aspecto social se contribuirá en: garantizar una adecuada transitabilidad vehicular, mejorar la calidad de vida de las personas, la integración y la descentralización urbana. En el aspecto ambiental se reducirán las alergias producidas por el polvo y las aguas pluviales estancadas. En el aspecto técnico se contribuirá a determinar el diseño del pavimento aplicando la normativa vigente nacional, seleccionando la mejor opción entre pavimento flexible, intertrabado y rígido mediante un comparación técnica-económica.

El proyecto tiene como objetivo principal determinar la mejor alternativa de pavimentación mediante un análisis comparativo de los diseños de pavimento flexible, intertrabado y rígido para la zona de estudio. Los objetivos específicos del proyecto son: determinar el número de ejes equivalentes mediante un estudio de tráfico; realizar el estudio topográfico y el de mecánica de suelos; realizar un análisis pluviométrico y meteorológico de acuerdo a la información brindada por el SENAMHI; realizar el diseño estructural del pavimento flexible con los métodos AASTHO 93 e INTITUTO DEL ASFALTO, del pavimento intertrabado con el método ICPI y para el pavimento rígido con los métodos AASTHO 93 y PCA; realizar el estudio económico de todos los diseños de pavimentación (espesores, metrados, costos unitarios, presupuesto y mantenimiento); analizar los resultados obtenidos evaluando las ventajas y desventajas de cada alternativa de pavimentación durante todo el periodo de diseño; diseñar el drenaje pluvial superficial y finalmente realizar el estudio de impacto ambiental.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

#### A NIVEL INTERNACIONAL

**[6] J. P. OSPINA CAMACHO, Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del espinal - Departamento del Tolima, Ibagué: Universidad cooperativa de Colombia, 2018.**

La investigación tiene la finalidad de diseñar estructuralmente el pavimento rígido, aplicado para la localidad del Espinal en Tolima. Se hizo el EMS para las vías de mayor importancia de la localidad en estudio. Se registra, compara y analiza los datos existentes y los nuevos datos obtenidos de los ensayos de campo. Se elaboró el estudio de tránsito y posteriormente se determinaron las dimensiones específicas y parámetros técnicos del pavimento. Se elaboraron diseños para concreto hidráulico usando el método del PCA y el segundo empleando el INVIAS (Instituto Nacional de Vías).

Como conclusiones se obtuvo que las pruebas geotécnicas y el estudio de tránsito evidencian características aptas para un diseño de pavimento rígido. También se especificó en los parámetros técnicos que se debe usar una capa de geotextil de NT-2500 para poder aislar el material fino y granular. Los resultados del diseño permitieron concluir, que el método más adecuado para la realización del proyecto teniendo en cuenta la carga vehicular que circulará por la zona es el del PCA. Se obtuvieron como resultado los siguientes espesores de capas por el método del PCA: concreto hidráulico de 25 cm, subbase granular 22.5 cm. Se recomendó realizar un presupuesto de obra con el diseño realizado por el método del PCA que fue el diseño seleccionado.

**[7] J. F. ARIAGA GARIBAY, Diseño del pavimento para la carretera Acapulco-San Marcos, México DF: Instituto politécnico nacional, 2015.**

La investigación tiene la finalidad de diseñar la estructura de pavimento flexible en la carretera Acapulco – San Marcos, empleando los métodos desarrollados por AASTHO y el Instituto del Asfalto, decidiendo finalmente la factibilidad de emplear un método. Desde el punto de vista estructural se determinó que ambas alternativas son aceptables para cumplir con las solicitudes esperadas. Propone 3 alternativas, la primera

compuesta por carpeta asfáltica y base hidráulica; la segunda por carpeta asfáltica, base asfáltica, base hidráulica y subbase; la tercera compuesta por carpeta asfáltica, base asfáltica y subbase.

Se concluyó que el diseño de pavimentación seleccionado fue la alternativa 3 por el Método de AASHTO 93, debido que, al reflejar una menor cantidad de capas, significa una reducción en los tiempos de construcción del proyecto, pero, se deberá asegurar que el material de la subbase cumpla con los requisitos especificados, para que pueda absorber de manera adecuada los esfuerzos transmitidos desde la superficie de rodamiento. Por lo que se aconsejó tener un centro de control de calidad y contar con la supervisión en campo que verifique que los materiales tengan un apego estricto con las especificaciones del proyecto. Los espesores de diseño de esta alternativa fueron de 10 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base asfáltica y 45 cm de sub base.

**[8] B. M. BURGOS VASQUEZ, Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta S/R: Santa Elvira-El Arenal, en la comuna de Valdivia, Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2014.**

La investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo entre pavimento flexible y un rígido para seleccionar la mejor alternativa de pavimentación para la ruta Santa Elvira-El Arenal en Valdivia. La comparación parte de que ambas alternativas son soluciones adecuadas para el proyecto, por lo que se evalúa dos factores, el primero es el factor económico el cual involucra el costo inicial, la conservación y la rehabilitación de ambas alternativas, el segundo es el factor funcional por el cual se verifica cual tiene el comportamiento más adecuado. La investigación es descriptiva y muestra las características de ambas clases de pavimentos, mediante la investigación en diversos tipos de documentos.

Se obtuvieron espesores en el para pavimento rígido de: 20 cm de losa de concreto, 15 cm de base con un CBR de 80% y para el pavimento flexible de: 130 mm de capa de rodadura (8 cm de carpeta asfáltica y 5 cm de base asfáltica), 15 cm de base granular y 30 cm de sub base granular. Para el análisis comparativo se seleccionó un tramo de 100 metros de la ruta estudiada, obteniéndose resultados como: para el pavimento flexible el costo de obra fue de \$ 15 360.370 y el costo de conservación fue de \$ 1 331.305, para

el pavimento rígido el costo de obra fue de 21 088.990 y el costo de conservación es de \$ 622.705. Por lo que se concluye que el pavimento flexible en la alternativa más conveniente para este proyecto, debido a que el tránsito medio anual no presenta mayores exigencias.

### **A NIVEL NACIONAL**

**[9] M. D. P. GALLARDO FIGUEROA y M. D. PESCORAN CAMPOS, Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo, Trujillo: UPAO, 2019.**

La investigación propone como objetivo principal, realizar un diseño estructural comparando el pavimento flexible y rígido para la avenida Larco entre las avenidas Fátima y Huamán (Trujillo). Para el diseño se empleó la metodología AASHTO 93 y siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma CE. 0.10. Se realizó el EMS, determinando que la muestra natural es arcillosa con plasticidad media, además posee un CBR de 8.48%. Del estudio de tráfico se obtuvo el ESAL de diseño para el pavimento flexible resultando  $3.89 \cdot 10^6$  y para rígido de  $4 \cdot 10^6$ . Los espesores resultantes del diseño para el pavimento flexible fueron de 10cm de carpeta asfáltica, 20cm de base y 15cm de sub base, generando un costo de S/. 1 468 620.27; y para pavimento rígido fueron de 20cm de losa de concreto ( $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ) y 15cm de base, generando un costo de S/. 2 152 674.75. Se concluyó del análisis económico que el pavimento rígido tiene un costo mayor en un 31% al del pavimento flexible.

**[10] R. S. CHÁVEZ OBREGÓN, Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima, Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2018.**

La investigación tiene como objetivo el diseño de la estructura del pavimento flexible de la Av. Morales Duárez de la vía expresa, para realizar el diseño emplea la metodología AASHTO 93 para pavimentos flexibles. El estudio también se realizó el EMS para obtener los valores del CBR, el estudio de tráfico para el cálculo del ESAL, los índices de servicio y el nivel de confiabilidad. El proyecto fue necesario debido a la gran importancia de la obra la línea amarilla, para los viajes entre los municipios de Lima y Callao. La construcción de este proyecto garantizará la transitabilidad y

desempeño eficiente de la Av. Morales Duárez.

Del EMS según los ensayos realizados se obtuvieron valores de CBR para la subrasante de 28%. El estudio de tráfico para la vía expresa fue de  $W18=6.95*10^7$  y para las vías de servicio  $W18=4.59*10^7$ . Finalmente se obtuvieron los espesores de las capas para cada caso, primero, para la vía expresa se tiene espesores de 20cm de sub base y base granular, 7.5cm de carpeta asfáltica y 5cm de riego de liga; segundo, para las vías de servicio se obtuvieron espesores de 15cm de sub base y base granular, 7.5 de carpeta asfáltica y 5cm de riego de liga.

**[11] L. A. ZELADA ROJAS, Diseño de 1 km. de pavimento, carretera Juliaca - Puno (Km 44+000 - Km 45+000), Puno: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.**

La investigación se centra en la pavimentación de un tramo (1 Km) perteneciente al proyecto Autopista Juliaca – Puno. El tramo escogido se encuentra entre las progresivas km 44+000 y km 45+000, siendo su punto inicial el Óvalo de Juliaca. La construcción de esta vía permitirá la transitabilidad de vehículos pesados, reduciendo además la saturación vehicular. El proyecto realizará el diseño de la pavimentación haciendo una comparación entre los pavimentos rígidos y flexibles. El diseño se realizará en el tramo seleccionado, que se encuentra concesionado a la empresa COVISUR S.A.

El EMS indica que el suelo natural corresponde a arcillas con un CBR de 7% por lo que se recomendó realizar un proceso de conformación debido al suelo cohesivo. Del estudio de tráfico se obtuvo que la vía cuenta con un alto flujo vehicular, notándose un valor del ESAL importante en los diseños. Para el diseño de pavimento rígido se aplicó los métodos de AASHTO y PCA; y para el diseño de pavimento flexible se usaron los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto. La propuesta seleccionada fue la de pavimento rígido diseñado por la metodología del PCA, por presentar la alternativa más económica y cumplir con los requerimientos necesarios para funcionar correctamente durante todo el periodo de diseño del proyecto.

### A NIVEL LOCAL

[12] **A. BECERRA FERNANDEZ y J. UGAZ MEDINA, Estudio de la pavimentación de los pueblos jóvenes del sur, del distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque, Chiclayo: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2015.**

La tesis analiza las diferentes opciones de diseño de pavimento y selecciona aquella que tenga las mejores condiciones técnicas y económicas para un proyecto de pavimentación en los Pueblos Jóvenes del Sur en La Victoria-Chiclayo. Pretende con esto mejorar la calidad de vida de las personas que residen en la zona, así como también contribuir a mejorar urbanísticamente la localidad. La investigación realizó el estudio topográfico, el estudio de suelos, el estudio de tráfico y estudio hidrológico, que fue la información necesaria para realizar el diseño del pavimento rígido, adoquinado y flexible. Además, en la investigación se elaboró el presupuesto de los tres tipos de pavimentos para poder seleccionar la alternativa más económica y confiable para la pavimentación en la localidad de estudio.

Como conclusiones se obtuvo, que el área de vías por pavimentar fue de 6.34 ha, el área de veredas fue de 1.3 ha y de sardinel de 15 549 ml. Con respecto al estudio de mecánica de suelos se obtuvo la siguiente estratigrafía: 0.2 m de relleno no controlado, la siguiente capa se encontró arcilla de baja a media compresibilidad, el CBR de estas arcillas varían entre 7.8 % y 9.5%, Además no se observó durante la exploración la presencia del nivel freático. El diseño escogido por esta investigación fue el método AASHTO 93 - flexible, obteniéndose los siguientes espesores: 5 cm de carpeta de rodadura, 15 cm de base granular y 15 cm de sub base granular. De la programación realizada se obtuvo una programación del proyecto de 03 meses. Además, se calculó un costo por la pavimentación y construcción de las veredas de S/. 19.04/m<sup>2</sup> lo que resulta un costo total de S/. 10 274 834 .99.

[13] **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LA VICTORIA, «II Etapa: mejoramiento de la infraestructura vial y peatonal de calles adyacentes: calle 02, calle 03, calle 07, calle 08, calle 09, Av. Pachacamac (Tramo Av. Incas-Ca. Mayta Cápac) y pasajes 06, 07, 08, 09, 10 ,11 del PPJJ 1° de junio,» Chiclayo-La Victoria, 2017.**

La investigación planteó la pavimentación a nivel de asfalto en caliente de algunas vías

pertenecientes al sector sur del distrito de La Victoria, mejorando la congestión vehicular, la calidad de vida de los vecinos, el ornato del distrito y permitiendo además la adecuada circulación de líneas de transporte local. El proyecto planteaba realizar la construcción de 5899.78 m<sup>2</sup> de pavimento flexible, de 315.80 m<sup>2</sup> de veredas y de 1092.66 m de sardineles. La realización del proyecto tiene como objetivo la integración de la localidad al casco urbano de la ciudad, conectándose con avenidas principales como la Av. Gran Chimú, Av. Los Incas y La Av. Mayta Cápac.

Se realizó un estudio topográfico determinando finalmente la rasante y subrasantes sobre la cual se construirá la estructura del pavimento. El EMS determinó que los suelos de la localidad pertenecen a la clasificación de arcillas inorgánicas de mediana plasticidad con baja capacidad portante y un contenido de humedad en estado natural alto en comparación al contenido óptimo del suelo por lo que se recomendó una estabilización de suelo a nivel de subrasante con dos capas: 15 cm de over y 15 cm de arenilla. Es análisis de tráfico mostro un IMD de 272 unidades, debido a que el  $IMD < 400$  se estimó el tráfico de diseño mediante el método correspondiente a carreteras de bajo volumen de tránsito. Para el diseño se consideró un bombeo de 2% en la calzada, además, se obtuvo como conformación total del pavimento flexible a las siguientes capas: 6" de over, 6" de arenilla, 6" de sub base granular, 6" de base granular y finalmente 2" de carpeta asfáltica en caliente. El proyecto tuvo como plazo de ejecución de obra 90 días calendarios y un presupuesto referencial en el 2017 de S/. 1 189 904.46.

**[14] A. BURGA MARRUDO y O. CHÁVEZ VILLALOBOS, Diseño de pavimento en la urbanización Santa María Distrito de José Leonardo Ortiz-Chiclayo-Lambayeque, Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2015.**

El proyecto realiza el diseño de la pavimentación de la urb. Santa María en el distrito de José Leonardo Ortiz, con el propósito de que este proyecto sea aprovechado por la municipalidad distrital de la localidad, y logré ejecutar el proyecto posteriormente. La localidad se beneficiará mejorando las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal, facilitando un mejor acceso adecuado y rápido para actividades comerciales. El proyecto desarrolla el diseño vial urbano, diseño del pavimento flexible en caliente, estudios geotécnicos, ACU's, presupuesto y cronogramas de obra.

Se concluyó que la zona del proyecto, se tiene 2 clases de vías, la primera de dos calzadas en dos sentidos y la segunda de 1 calzada en dos sentidos, en la Av. La Despensa y el resto de calles respectivamente. Del EMS se encontraron suelos del tipo CL, SM y SC, por lo cual se recomienda estabilizar el suelo de la subrasante. El diseño se realizó con el método de AASHTO 93 obteniéndose espesores para las avenidas de 3” carpeta de rodadura, 6” base granular, 10” sub base granular y para las calles de 2” de carpeta de rodadura, 6” base granular, 10” sub base granular. El presupuesto indica un costo total de S/. 12 218 523.91 del proyecto a diciembre del 2015. Del cronograma de obra se obtiene una estimación de un periodo del proyecto de 9 meses utilizando dos frentes de trabajo.

## 2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

### 2.2.1. BASES LEGALES

#### a) RNE - NORMA CE 0.10 – PAVIMENTO URBANOS

La norma cuenta con un total de 7 capítulos y 7 anexos. Esta fue aprobada mediante el D.S. N° 001-2010-VIVIENDA. Por otro lado, esta norma establece los requisitos mínimos con el cual se debe realizar el diseño estructural, el mantenimiento y la rehabilitación de los pavimentos urbanos, con el objetivo de asegurar el adecuado comportamiento y la durabilidad de los pavimentos urbanos durante todo el transcurso de su periodo de diseño. La norma tiene un límite urbano de aplicación en cada una de las ciudades del país.

#### b) MANUAL DE CARRETERAS-SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTÉCNIA Y PAVIMENTOS

Este manual, consta de 17 capítulos. Estará expuesto a la posibilidad de incorporar nuevas actualizaciones debido a nuevas tecnologías o ciencias, el manual será actualizado por iniciativa del MTC o por propuestas innovadoras de terceros.

La información contenida en este documento proporcionará criterios técnicos a los responsables del proyecto, que deben utilizar para el diseño adecuado y eficiente de las

capas estructurales del pavimento, incluyendo la superficie de rodadura en caminos asfaltados y no asfaltados, asegurando de esta manera la estabilidad y la firmeza estructural para el mejor desempeño posible técnico-económico en beneficio de la sociedad. Este manual debe aplicarse en relación a las particularidades de los diferentes proyectos, si fuera necesaria utilizar nuevas tecnologías deberá ser previamente acreditadas y justificadas ante el MTC.

c) MANUAL DE CARRETERAS-DG-2018

Este manual, cuenta con un total de 6 capítulos y 1 anexo. Este fue aprobado mediante la resolución directorial N° 03-2018-MTC/14, la versión 2018 de este manual es la actualización de la versión 2014, esta última fue actualizada debido al permanente cambio e innovación de la ciencia y las tecnologías, por lo que fue actualizado por el MTC, que es el órgano normativo de la infraestructura vial.

Este manual recopila y a la misma vez organiza los procesos y las técnicas normativas para diseñar adecuadamente una infraestructura vial de acuerdo a determinados parámetros que se establecen. Además, contiene información y procedimientos necesarios para el diseño geométrico de acuerdo a las particularidades y requerimientos de cada proyecto.

d) LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N° 28611) (PERÚ-MINISTERIO DEL AMBIENTE)

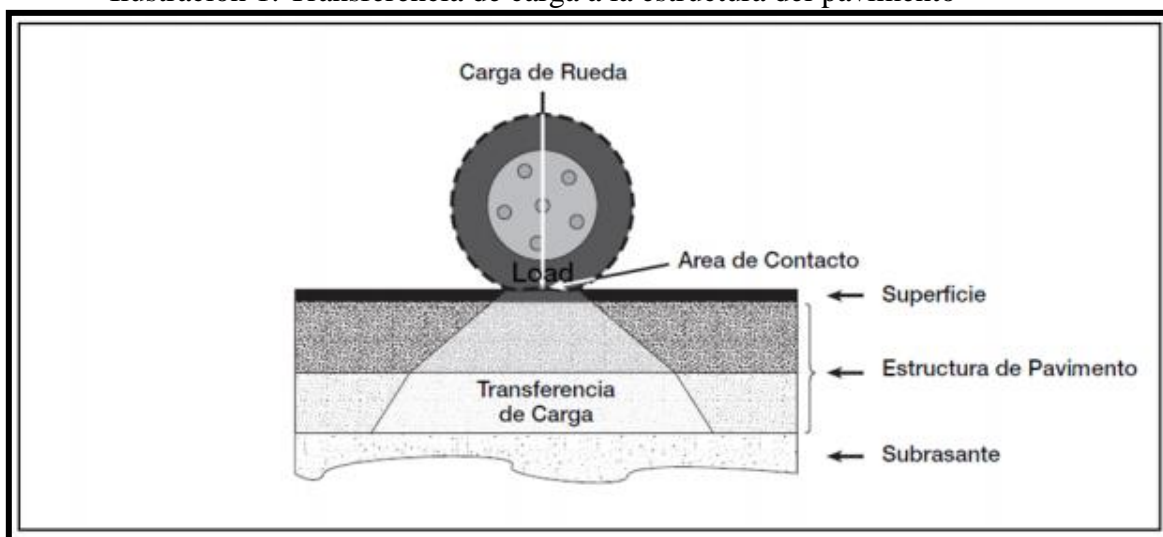
Esta norma pertenece al marco normativo legal en el Perú sobre la gestión ambiental. Esta ley consta de normas para asegurar el desempeño eficiente para un ambiente sostenible y conveniente tanto para el progreso y la continuidad de la vida, debido a esto la ley normaliza las acciones relacionadas con la protección ambiental que deben adoptarse en el desarrollo de todas las actividades humanas, para buscar el fin de mejorar continuamente con la calidad de vida de las personas, de conservar el patrimonio natural y lograr un desarrollo sostenible de la actividad económica en el Perú. La aplicación de las políticas públicas ambientales debe disminuir las diferencias sociales y económicas buscando finalmente erradicar la pobreza.

## 2.2.2. PAVIMENTOS

### a) DEFINICIÓN

Es una estructura construida encima de la subrasante de una vía, que está conformada por distintas capas que forman una superficie de rodamiento uniforme, permitiendo además resistir satisfactoriamente los esfuerzos transmitidos provenientes de los vehículos generando así un adecuado nivel de transitabilidad de estos. Estas capas están conformadas por materiales seleccionados, que en ciertos casos son sometidos a tratamientos previos a su uso, en el caso de la carpeta de rodadura se puede conformar por asfalto, concreto, adoquines o por aglomeraciones de componentes pétreos compactados. La sección estructural definida por estas capas depende básicamente de los requerimientos y las condiciones del proyecto.

Ilustración 1: Transferencia de carga a la estructura del pavimento



Fuente: Cold Recycling Technology [6]

### b) CLASIFICACIÓN

#### ❖ Flexible:

Su denominación proviene de que presenta una capa bituminosa sobre otras capas de gran flexibilidad. Su estructura está conformada por capa asfáltica (capa bituminosa) que está por encima de la capa subbase y de la capa base sucesivamente. Esta estructura

se flexionará dependiendo de las cargas generadas por los vehículos que circulan por encima de él. Las cargas son transmitidas mediante un mecanismo de disipación de esfuerzos, es decir, cada capa de la estructura recibe las cargas generadas por encima de ella, luego las cargas se distribuyen en esa capa y son transmitidas a la capa inferior siguiente, cabe resaltar que estos esfuerzos disminuyen a medida que aumenta la profundidad.

Ilustración 2: Estructura típica - pavimentos flexibles

<i>Posición relativa en la estructura</i>		<i>Material de construcción</i>
	Superficie	Asfalto o sello asfáltico
	Base	Mezcla asfáltica/granular estabilizado con asfalto o cemento/granular
	Subbase	Granular estabilizado con asfalto o cemento/granular
	Subrasante	Granular estabilizado con cemento/granular/material in-situ

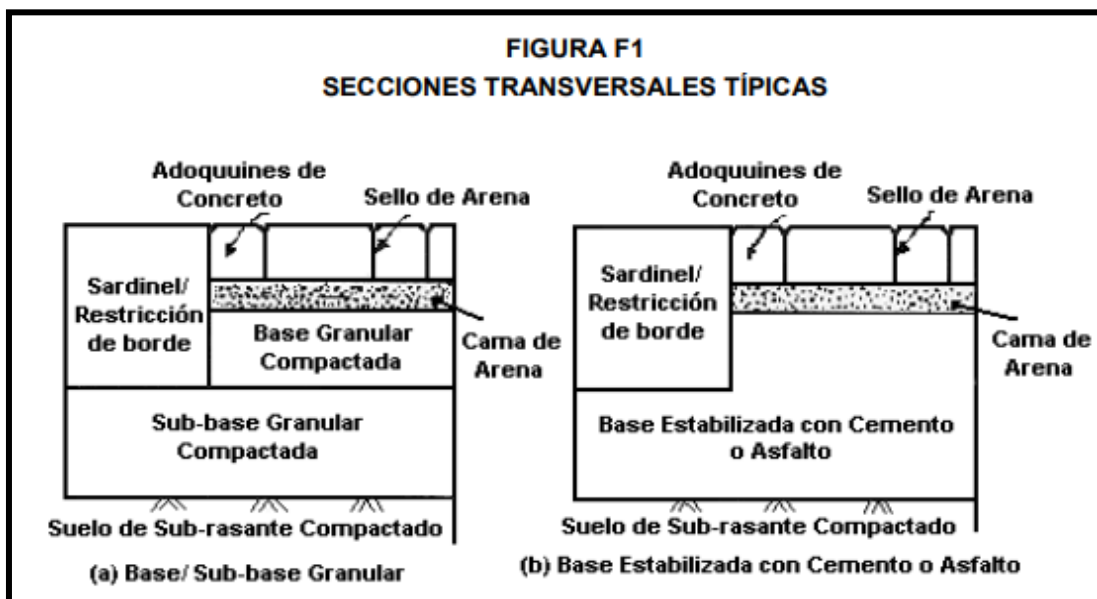
Fuente: Cold Recycling Technology [6]

#### ❖ **Pavimento intertrabado o de adoquines:**

Es un conjunto estructural que está conformado por adoquines que se ubican en la parte superior de todas las capas de esta estructura, estos van ubicados sobre una cama de arena rellenándose en las juntas entre adoquines con un sello de arena. Están conformados por una base y sub base en las capas inferiores. Por otro lado, el comportamiento de estos pavimentos intertrabados se puede considerar como semiflexible.

Estos adoquines son elementos prefabricados de espesor uniforme e iguales entre sí, de tal forma que en la superficie encajen uniformemente unos con otros. Este tipo de pavimento permite desmontar los adoquines individualmente, facilitando operaciones de instalación necesarias para cualquier conexión subterránea y permitiendo reutilizarlos después de la instalación.

Ilustración 3: Estructura típica - pavimentos intertrabados



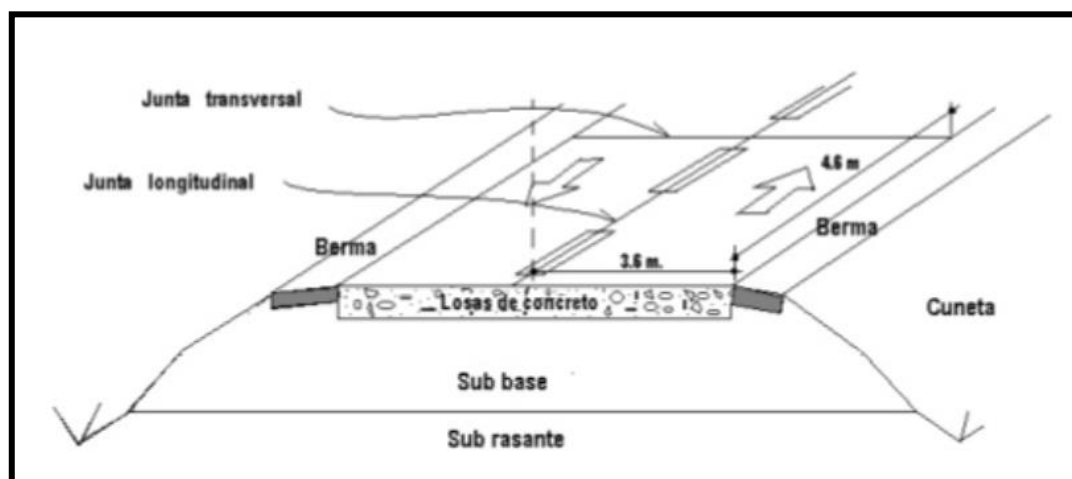
Fuente: Norma CE. 010 – Pavimento urbanos [7]

#### ❖ Pavimento rígido:

Se denominan rígidos debido a que principalmente se conforman por una capa de losa de concreto, que esta capa es ubicada directamente encima de otra capa de base o sub base. Debido a las características que posee la capa de concreto hidráulico, como su elevada rigidez y alto módulo de elasticidad, se encarga de absorber la mayoría de los esfuerzos que se originan en la carpeta de rodadura produciendo de esta manera una adecuada distribución de las cargas vehiculares, generando en la subrasante esfuerzos pequeños.

Generalmente el pavimento rígido tiene un costo inicial por encima del pavimento flexible, sin embargo, no requiere un mantenimiento constante ya que generalmente solo se hace a las juntas existentes en la losa de concreto.

Ilustración 4: Estructura típica - pavimentos rígidos



Fuente: Sánchez Sabogal, Fernando [8]

### c) CONCEPTOS BÁSICOS

#### ❖ Capas del pavimento

##### Subrasante:

Es aquel suelo de fundación sobre donde se construirá toda la estructura del pavimento, generalmente es el terreno en su estado natural. La subrasante deberá tener un  $CBR \geq 6\%$  para que se pueda considerar como suelo estable para el diseño. Cuando suceda el caso de que el  $CBR \leq 6$ , se realizará una estabilización mecánica, química o con geo sintéticos para aumentar el CBR del suelo natural.

##### Sub base:

Esta capa está conformada por materiales pétreos construida sobre la subrasante, son de buena gradación. Es la que está por debajo de la capa base por ejemplo en los pavimentos flexibles. La sub base es una alternativa que se opta para reducir el presupuesto, disminuyendo los espesores de la capa base. El CBR mínimo según la normativa vigente nacional es de 40 %.

##### Base:

Esta capa está conformada por un material seleccionado y tratado, que se compacta

entre las capas de la subbase o de la subrasante y la carpeta de rodadura. Esta puede ser tratada con mezcla asfáltica o con otros tratamientos dependiendo del diseño. La capa de base deberá cumplir un CBR mínimo de 80% según la normativa vigente nacional.

#### Cama de arena:

Es una capa de arena que sirve como cama de apoyo para los adoquines, generalmente tienen un espesor de 4cm después de ser compactada. Conforme se va compactando y nivelando la cama de arena se procede también a colocar los adoquines para que la arena quede descubierta el menor tiempo posible. Al colocar adecuadamente los adoquines se origina un sellado de juntas parcial, que luego se complementa por medio de un barrido de arena fina en la superficie.

#### Carpeta asfáltica:

Es una capa que conforma la superficie de rodamiento, está compuesta por una mezcla de asfalto con agregados pétreos. Siendo el asfalto el material más resaltante en cuanto a los pavimentos flexibles. Este último se puede encontrar en diferentes consistencias, posee un color oscuro debido al petróleo que es uno de los materiales más importantes del asfalto.

#### Adoquines:

Los adoquines están constituidos de concreto premoldeado de alta resistencia, que son elaborados en fábrica mediante una dosificación de materiales establecida y un curado realizado en forma racional. Estos adoquines cuando son colocados y compactados sobre la cama de arena y además selladas sus juntas conforman la superficie de rodadura en pavimentos intertrabados.

#### Losa de concreto:

Es la capa de rodadura conformada por concreto hidráulico, debido a que presenta alta rigidez genera esfuerzos bajos en las capas inferiores de los pavimentos rígidos. Están sometidos a cambios volumétricos de contracción o dilatación debido al concreto, por lo que es necesario considerar las juntas en su proceso constructivo.

#### ❖ CBR

Este ensayo tiene como finalidad medir la resistencia de una muestra para verificar si se encuentra dentro de los estándares requeridos usarse como subrasante, base o subbase de pavimentos.

#### ❖ **Coefficientes de drenaje Cd y mi**

Los coeficientes de drenaje son esencialmente modificadores de los coeficientes de capa y tienen en cuenta los efectos relativos del drenaje interno de la estructura del pavimento en el rendimiento del pavimento. Este parámetro es utilizado en la metodología AASHTO 93 y se refiere a las características que posee un material granular de base o subbase ante el drenaje.

#### ❖ **Confiabilidad**

Refleja la probabilidad en la cual el diseño estructural cumple su función adecuadamente durante todo el periodo de diseño del pavimento, bajo las distintas condiciones que presenta la localidad donde se ejecutará el proyecto.

#### ❖ **ESAL diseño**

Representa de manera cuantitativa las aplicaciones des ejes equivalentes para un tiempo de diseño determinado.

#### ❖ **Índice de serviciabilidad inicial (Po)**

Representa la condición instantánea después de culminar la construcción del proyecto, por lo que está relacionado directamente con el diseño propuesto y la calidad del proceso constructivo.

#### ❖ **Índice de serviciabilidad final (Pt)**

Representa el estado del pavimento en el que no se cumplen con los requerimientos de seguridad y confort que son adecuadas para el usuario y representa el índice más bajo antes de que sea necesaria la rehabilitación o en el peor de los casos la reconstrucción del pavimento.

**❖ Juntas de control**

Son las juntas formadas o cortada en los pavimentos rígidos para controlar el agrietamiento de la estructura, debido al cambio de dimensiones por factores climáticos.

**❖ Módulo de resiliencia o módulo resiliente ( $M_r$ )**

Representa las propiedades elásticas de un suelo, que se encuentra relacionado a un procedimiento de carga repetida. Para el diseño de pavimentos flexibles esta variable se utiliza directamente, sin embargo, para el del pavimento rígido resulta necesaria su conversión a un valor K.

**❖ Módulo de rotura**

Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto [7].

**❖ Número estructural (SN)**

Es la resistencia estructural que requiere el pavimento para garantizar un adecuado funcionamiento de la vía. El valor del SN depende de condiciones como: del CBR del suelo, del tráfico que circula por las vías, de la serviciabilidad inicial y final, del ambiente, entre otros. El SN requerido permite convertir a espesores reales las distintas capas del pavimento como: carpeta de rodadura base y subbase, por medio de coeficientes que representan la resistencia relativa de los materiales empleados en cada capa. Se expresa mediante un número adimensional abstracto.

**❖ Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )**

Representa la variación del  $P_o$  y el  $P_t$ .

**❖ Periodo de diseño**

Es el tiempo a futuro que defines y en el cual se determinaran las características finales del pavimento, teniendo en consideración las exigencias de servicio que deberá cumplir durante todo el periodo de diseño definido.

### 2.2.3. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO

#### a) ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Tiene la finalidad de informar sobre las características físico-mecánicas de la subrasante o de los materiales proporcionados para la cantera para su uso como base o sub pase en un proyecto de pavimentación. Algunos ensayos para pavimentación realizados son los siguientes:

##### ❖ **Granulometría:**

La finalidad de este ensayo es conocer cuantitativamente la distribución de las partículas de la muestra en función a su tamaño, para determinar su clasificación AASHTO y SUCS.

##### ❖ **Límites de Atterberg:**

Este ensayo permite determinar la sensibilidad de la muestra de suelo relacionado con la humedad que posee, permitiendo de esta manera descubrir tanto las propiedades plásticas del suelo como humedad requerida para que se logre un cambio de estado. Los límites de Atterberg se definen de acuerdo a los posibles estados de consistencia de un suelo.

##### ❖ **Proctor modificado:**

“La finalidad de este ensayo es conocer la máxima densidad de compactación del suelo, obteniendo también la humedad óptima que requiere para poder llegar a esta condición. Para el ensayo se aplica una energía de 2700 KN-m/m<sup>3</sup> de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales”. [9]

##### ❖ **Valor de soporte de california (CBR):**

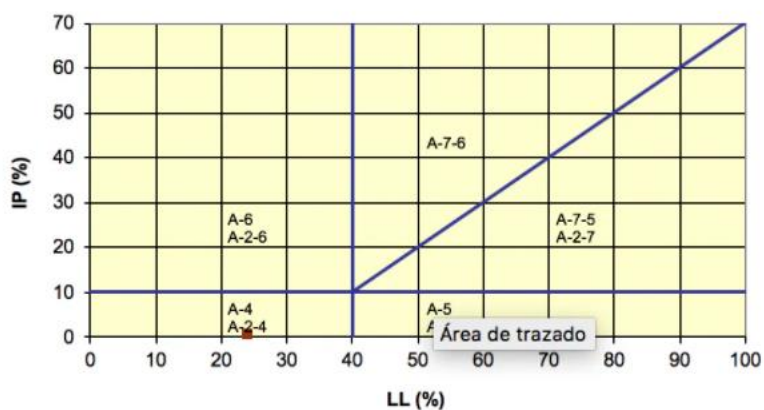
La finalidad de este ensayo es determinar índice de resistencia (CBR) de la muestra

de suelo, teniendo en cuenta las condiciones de humedad y densidad que determina el Manual de Ensayos de Materiales.

❖ **Clasificación AASHTO y SUCS:**

**a) Sistema AASHTO**

Ilustración 5 Clasificación fracción limoso - arcillosa (AASHTO)



Fuente: AASHTO [10]

Tabla 1 Índice de grupo vs Calidad de la sub rasante

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de Carreteras del MTC [11]

Tabla 2 Clasificación AASTHO en suelos

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico  % que pasa por el tamiz de:  2 mm 0.5 mm 0.08 mm	máx. 50 máx. 30 máx. 15	máx. 50 máx. 25	mín. 50 máx. 10	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
límite de líquido índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10 IP<LL-30	mín. 10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: Manual de Carreteras del MTC [11]

## b) Sistema SUCS

Tabla 3 Símbolos utilizados en la clasificación SUCS

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobrementemente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Geoxnet

Tabla 4 Correlación del sistema AASTHO - SUCS

Clasificación de Suelos AASTHO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras del MTC [11]

#### b) ESTUDIO DE TRÁFICO

Cumple la función de estimar el flujo vehicular que transitará por una estación de control seleccionado durante el tiempo de vida del pavimento. Este estudio se basa en cuantificar resultados de un muestreo constante de tráfico por un periodo determinado en estaciones de control fijas. Realizando el muestreo se podrá determinar los tipos y las cantidades de vehículos que transitan a diario por las estaciones de control, siendo estos resultados muy importantes para cualquier diseño de pavimento. El flujo vehicular obtenido será expresado en número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) y proyectado a un periodo de diseño definido.

#### ❖ Índice medio diario anual

Representa un valor estimado del flujo vehicular de una estación de control tomada en un estudio de tráfico para un periodo de un año. Según [12], el IMDA se toma los valores resultantes de una semana y se multiplica por un factor que permite corregir y estimar mejor la proyección en un año del flujo vehicular en dicha estación.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

IMDS = representa el índice medio diario semanal

FC = representa el factor de corrección estacional

❖ Tasa crecimiento anual

Es un valor expresado en porcentaje que se toma en base al crecimiento poblacional y económico de la localidad en la que se encuentra el área de estudio, lo cual influencia directamente al aumento del tránsito vehicular y alguna variante en los tipos de vehículos que transitarán por la zona de estudio.

❖ Factor de carga equivalente por eje

Este factor representa el daño relativo que produce un determinado eje en el pavimento, en comparación con el perjuicio que genera un eje estándar de 18 kip o el equivalente a 80 KN. Este proceso tiene como objetivo homogenizar la carga vehicular que generarán los distintos vehículos que circularán por la localidad del proyecto.

❖ Tráfico de diseño

Es necesario para el diseño de pavimentación conocer el valor cuantificado por cada grupo de carga durante el periodo de diseño.

c) ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Tiene la finalidad de obtener una representación gráfica mediante planos, esto se obtiene mediante acciones ejecutadas sobre un terreno, en el cual se puede determinar las coordenadas planimétricas y las cotas de distintos puntos de una superficie. La ubicación de los puntos se realiza mediante tres coordenadas: latitud, longitud y elevación. La manera más adecuada de lograr que el estudio topográfico se realice de la manera correcta es analizar primeramente la información y precisión que se necesita para poder

determinar la metodología de trabajo y los equipos e instrumentos que van a ser necesarios. Para una mayor precisión de los datos se deberá verificar que los equipos estén debidamente calibrados para poder usarse de la mejor manera.

❖ **Topografía -planimétrica:**

Son acciones que siguen un procedimiento para permitir tomar información de campo sin tener en consideración las cotas de los puntos tomados, para luego representar la información obtenida gráficamente en planos.

❖ **Topografía - altimétrica:**

Son acciones que se realizan para obtener la información de las cotas y desniveles de cualquier terreno. Las cotas pueden ser relativas (respecto a un nivel arbitrario) o pueden ser absolutas (respecto al nivel medio del mar).

d) ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO Y METEOROLÓGICO

Este estudio se realiza para determinar las condiciones climáticas e hidrológicas a las que está expuesta la zona de estudio. Dentro de la información brindada por este estudio se analiza y describen datos como las precipitaciones máximas en 24 horas, la humedad, el clima y la temperatura de acuerdo con la información brindada por SENAMHI.

2.2.4. MÉTODOS PARA EL DISEÑO

a) **Pavimento flexible**

❖ **AASHTO 93**

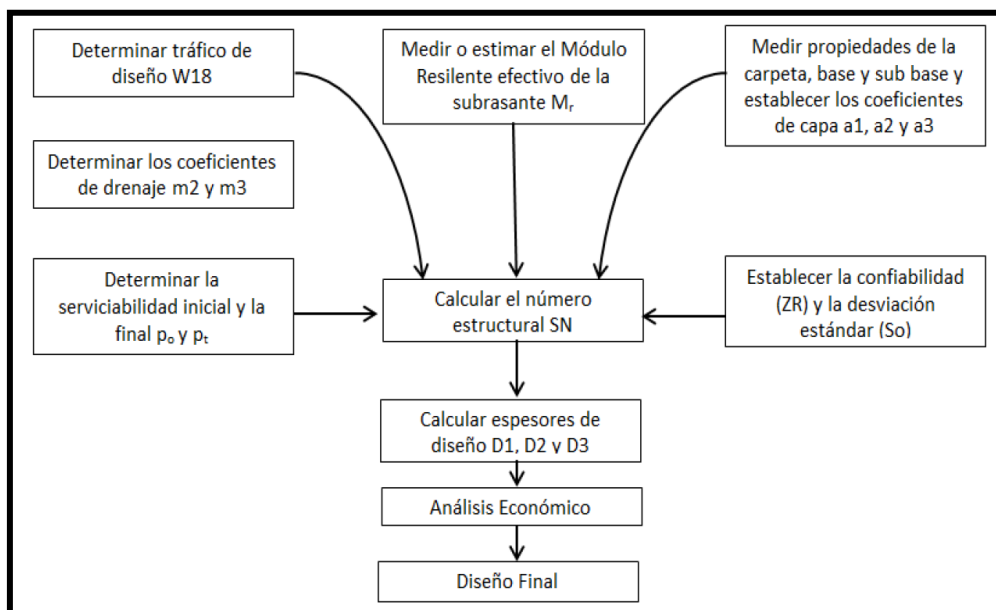
Tiene la finalidad principal de hallar el SN (número estructural) que resista la carga requerida calculada en el diseño.

**VARIABLES DE DISEÑO:**

1. Tránsito de diseño
2. Confiabilidad
3. Desviación estándar
4. Módulo de resiliencia de la subrasante
5. Número estructural
6. Pérdida de serviciabilidad
7. Coeficiente de drenaje

**PROCEDIMIENTO:**

Ilustración 6: Procedimiento de diseño Método AASHTO 1993 para pavimento flexible



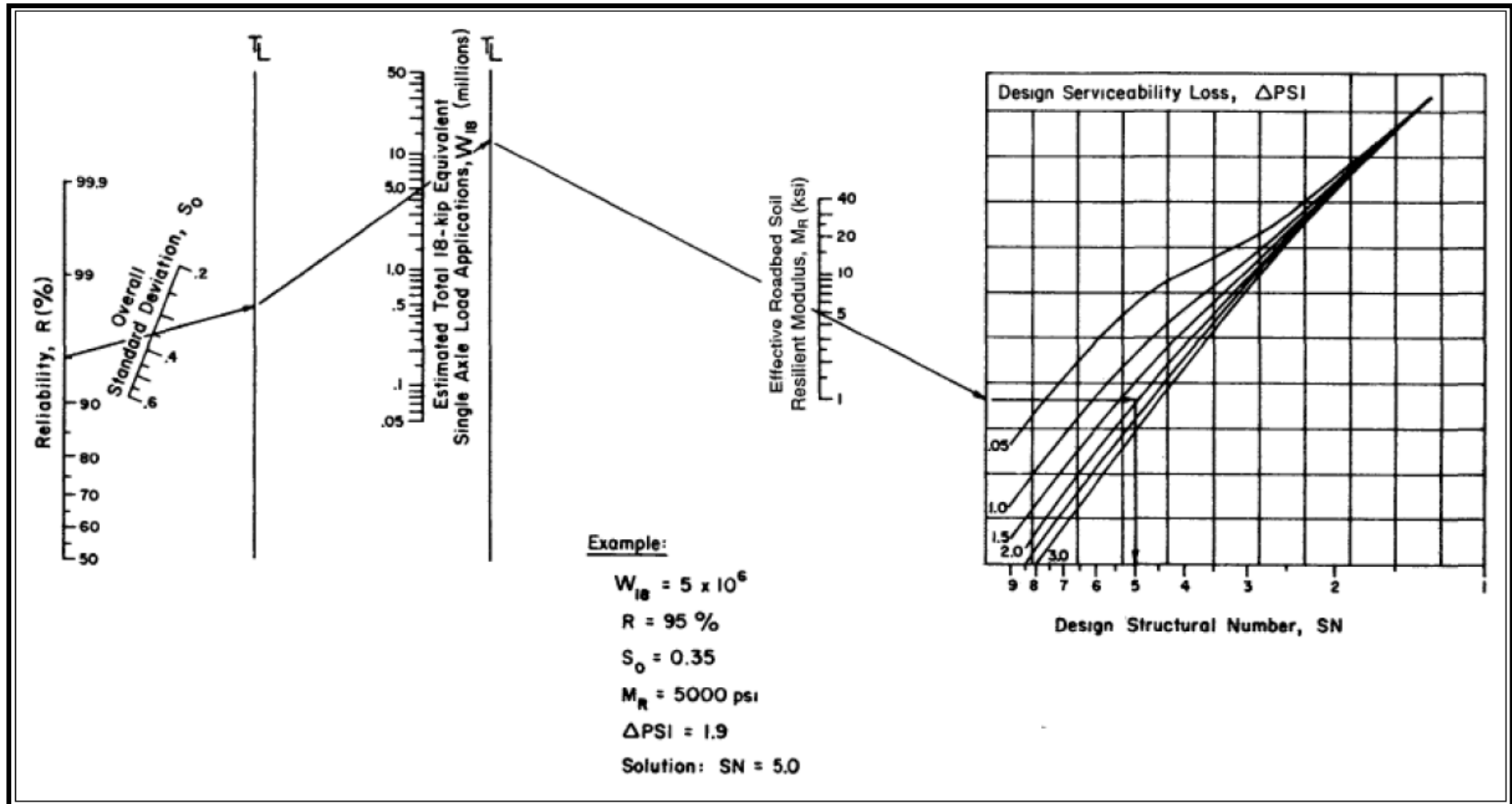
Fuente: Yovera Adanaqué [13]

**Formas de calcular el SN**

Existen dos maneras de calcular el número estructural (SN), la primera es con el nomograma de la guía AASHTO y la otra es mediante la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log (M_R) - 8.07$$

Ilustración 7: Nomograma para el cálculo del SN metodología AASTHO - flexible



Fuente: AASHTO GUIDE [10]

### **Cálculo de los espesores:**

Después de calcular el SN, seguimos el procedimiento hallando los espesores de todas las capas utilizando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 \times a_2 m_2 D_2 \times a_3 m_3 D_3$$

Donde:

***Di***: espesor de sus capas

***ai***: coeficientes estructurales

***mi***: coeficientes de drenaje

### ❖ **INSTITUTO DEL ASFALTO**

Esta metodología de diseño toma en cuenta las deformaciones más recurrentes en pavimentos flexibles como: la deformación por tracción horizontal y por compresión vertical, la primera se presencia en debajo de la carpeta asfáltica que ocasiona falla por fatiga y la segunda en la parte superior de la subrasante que forma una deformación permanente. [14]

### **Datos necesarios para el diseño:**

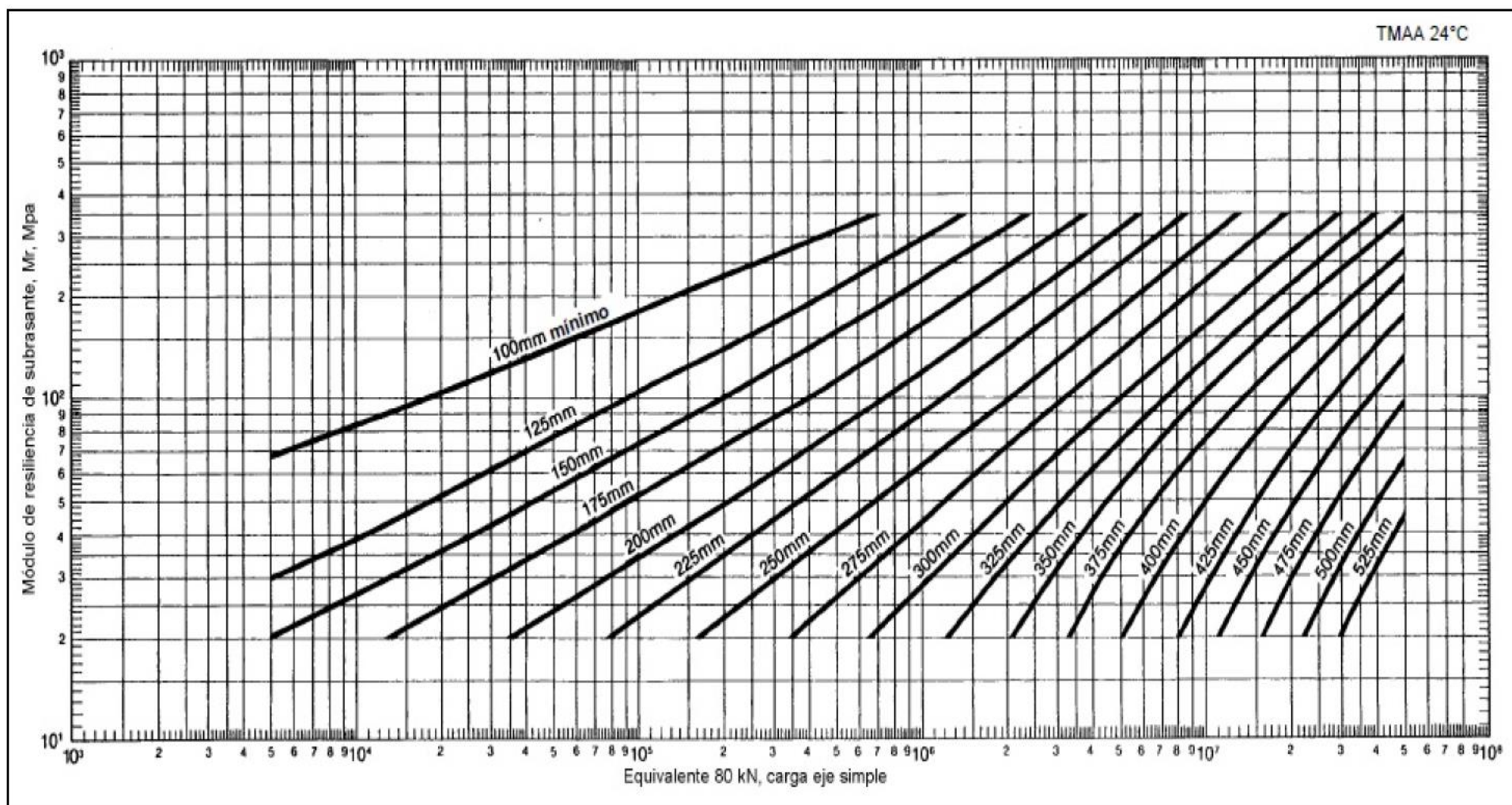
1. Tránsito de diseño
2. Módulo de resiliencia de la subrasante
3. Temperatura promedio anual

### **Cálculo de los espesores:**

El método desarrolla diagramas para diseñar elaborando tablas distintas según la temperatura promedio anual (7° C, 15.5 °C y 24 °C). Para nuestro caso se aplicará el diagrama del instituto del asfalto para una temperatura 24° C.

Se procede a hallar los espesores de las capas granulares (base y subbase) a través de una relación dependiente del coeficiente de drenaje ( $m_2$  y  $m_3$ ) y coeficientes estructurales ( $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$ ).

Ilustración 8: Carta de diseño – espesor total en carpeta asfáltica



Fuente: Instituto del Asfalto [15]

## b) Pavimento intertrabado

### ❖ ICPI

#### Datos necesarios para el diseño:

1. Medio ambiente
2. Resistencia de la subrasante
3. Tránsito
4. Materiales a utilizarse

#### Procedimiento:

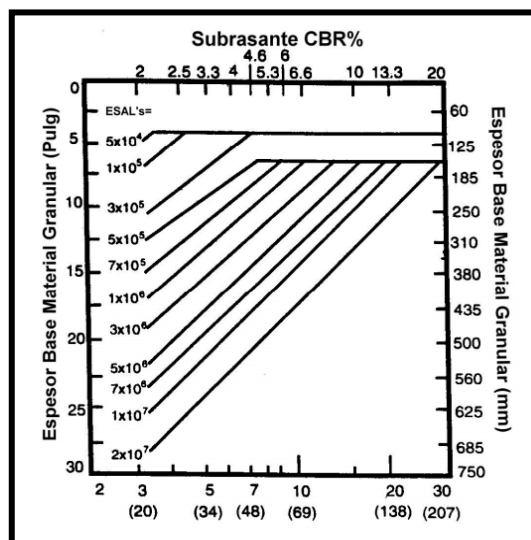
Se determina el espesor para base granular, base tratada con asfalto o con cemento, mediante ábacos que dependen de las siguientes variables:

- % CBR
- ESAL

#### Casos:

### 1. Pavimento con base granular

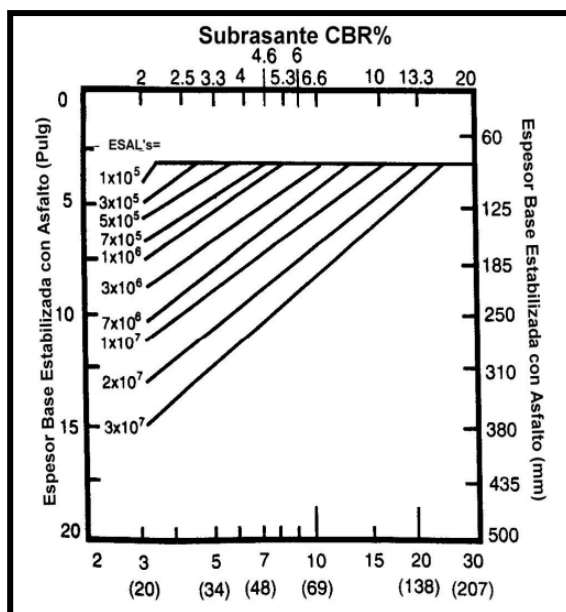
Ilustración 9: Ábaco para base estabilizada de material granular



Fuente: Sánchez Sabogal, Fernando [16]

## 2. Pavimento con base estabilizada con asfalto

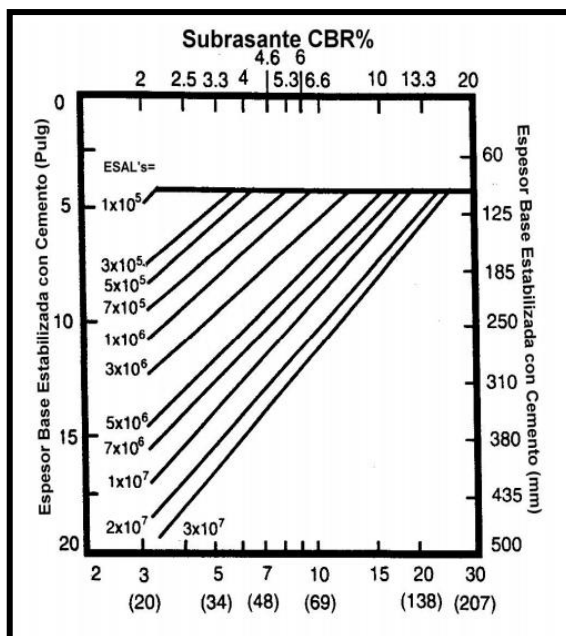
Ilustración 10 Ábaco para base estabilizada con asfalto



Fuente: Sánchez Sabogal, Fernando [16]

## 3. Pavimento con base estabilizada con cemento

Ilustración 11 Ábaco para base estabilizada con cemento



Fuente: Sánchez Sabogal, Fernando [16]

### c) Pavimento rígido

#### ❖ AASHTO 93

Esta metodología calcula el espesor de la losa de concreto que garantiza el desempeño adecuado del pavimento durante por lo menos todo el tiempo para el que fue diseñado.

#### Datos necesarios para el diseño:

1. Tránsito de diseño
2. Confiabilidad
3. Desviación estándar
4. Perdida de serviciabilidad
5. Propiedades del concreto
6. Módulo de reacción efectivo de la subrasante
7. Resistencia del suelo (CBR)
8. Coef. de drenaje

#### Formula:

Para el desarrollo de esta metodología se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

**Donde:**

W18 = ESAL de diseño

ZR = Coeficiente de desviación normal estándar

So = desviación estándar

D = espesor de pavimento de concreto

$\Delta$ PSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt = índice de serviciabilidad o servicio final

Po = índice de serviciabilidad inicial

S'c = resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días

Cd = coeficiente de drenaje.

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas.

Ec = módulo de elasticidad del concreto.

K = módulo de reacción, compuesto de la subbase y la subrasante.

❖ **PCA**

El diseño por este método evalúa dos criterios: fatiga y erosión. La fatiga que está relacionada con mantener los esfuerzos debido a la acción de las cargas vehiculares en el pavimento en un rango seguro y la erosión para limitar las deflexiones del pavimento en las juntas y en los bordes de las losas.

**Datos necesarios para el diseño:**

1. Tipo de junta y berma
2. Módulo de rotura del concreto ( $S_c$ )
3. Módulo de reacción efectivo de la subrasante
4. Factor de seguridad de carga (LSF)
5. Condiciones complementarias

**Procedimiento:**

1. Análisis por fatiga
2. Análisis por erosión

**Cálculo de los espesores:**

Se determina la distribución de ejes de carga para cada tipo con su respectiva carga reglamentaria. El diseño del espesor será correcto siempre y cuando el consumo de fatiga y el daño por erosión sean menores o iguales al 100%. En caso contrario de no cumplir con los requisitos indicados, se deberá incrementar el espesor de la losa cada 0.5 pulgadas hasta cumplir los requerimientos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El estudio pertenece a un tipo de investigación descriptiva debido a que se va a caracterizar la situación actual de la zona de estudio y sus características más sobresalientes mediante la recolección de datos. De acuerdo a la línea de investigación es aplicada debido a que se utilizarán los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la carrera de ingeniería civil y ambiental.

La presente investigación tiene un nivel de investigación cuantitativo, puesto que se busca cuantificar resultados y proyectarlos.

#### 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño es no experimental, pues, se desarrolla el proyecto sin alterar o manipular las variables que se tomen en consideración es decir sin añadir ningún factor externo que altere el contexto natural para obtener nuevas reacciones.

#### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Recopilación de información	Datos de la localidad
Análisis de documentos	Libros Revistas Manuales Artículos de investigación Tesis Guías Normas
Estudio meteorológico e hidrológico	Registro del SENAMHI
Estudio de tráfico	Tabla de Formato de Clasificación Vehicular – MTC
Estudio topográfico	Planos topográficos
Estudio de mecánica de suelos	Ensayos de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.PROCEDIMIENTOS

#### 3.4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

##### 3.4.1.1. Generalidades

Este estudio resulta muy importante debido a que ayuda a poder estimar cuales son los caudales de diseño para nuestro proyecto. Para esto se debe tener bien definido y con información precisa la hidrología, el área del proyecto, los límites de aplicación y los criterios de diseño. La información hidrometereológica presente en este estudio se ha obtenido del SENAMHI.

##### 3.4.1.2. Objetivos

Recopilar y registrar información hidrológica necesaria para poder estimar los caudales de diseño para realizar el drenaje pluvial superficial.

##### 3.4.1.3. Parámetros metereológicos

- **Clima:**

La provincia de Chiclayo presenta un clima semi cálido (desértico-árido-subtropical). La variación del clima y el aumento de la precipitación se vuelve muy notorio en presencia del fenómeno del niño.

- **Temperatura:**

La temperatura varía en promedio de 15.4 °C en el mes de septiembre y 28.8° C en febrero. La temperatura promedio varía entre 18° C a 20° C.

- **Humedad:**

Este factor varía intensamente, pero en promedio anual es de 81%, el periodo más húmedo del año se da entre los meses de diciembre a mayo y el mes más seco del año es octubre según fuentes estadísticas. Durante todo el año la humedad mínima percibida es de 61% y la máxima de 85%.

- **Pluviometría o precipitaciones:**

La variación de precipitación en la ciudad de Chiclayo tiene una variación

frecuentemente ligera según la estación, las precipitaciones en promedio pueden variar entre 0 mm a 12 mm siendo los meses comprendidos entre enero y abril donde se registraron las precipitaciones máximas.

#### 3.4.1.4. Información hidrológica

La información hidrológica brindada por el SENAMHI sobre precipitación máxima anual corresponde a la estación de “reque” debido a ser la de mayor proximidad a la zona del proyecto.

**Estación:** Reque

**Latitud:** 06° 53' 10.07" S

**Longitud:** 79° 50' 7.8" W

**Altitud:** 13 msnm

**Departamento:** Lambayeque

**Provincia:** Chiclayo

**Distrito:** Eten

Tabla 5 Tabla de precipitación máxima anual-Reque (1999-2020)

TABLA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL - REQUE (1999 - 2020)		
1	1999	10.2
2	2000	9.2
3	2001	6
4	2002	7.3
5	2003	3
6	2004	7
7	2005	2.5
8	2006	4.3
9	2007	7.5
10	2008	11
11	2009	4.4
12	2010	10.6
13	2011	8.2
14	2012	15.4
15	2013	9.7
16	2014	7.6
17	2015	13.5
18	2016	13.7
19	2017	29.8
20	2018	2.3
21	2019	10.4
22	2020	7.1

Fuente: SENAMHI

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA
2017	29.8

#### 3.4.1.5. Periodo de retorno

Para la selección de esta variable se ha tomado en consideración los criterios indicados en la Norma Técnica OS 060 [17], en el cual encontramos los criterios siguientes para drenaje urbano:

Para un sistema menor: debe considerar valores comprendidos entre 2 y 10 años para el tiempo de retorno, teniendo en cuenta que este depende de la importancia económica del sector de estudio, para 2 años se considera a localidades de extensión pequeña. Para un sistema mayor: se debe tomar para el diseño un tiempo de retorno de 25 años.

Para este proyecto, tratándose de un sistema de drenaje urbano menor y en base a los criterios mencionados previamente en la norma OS 060 se ha considerado diseñar con un periodo de retorno de 10 años.

#### 3.4.1.6. Análisis estadístico de datos hidrológicos

Tiene como finalidad estimar variables hidrológicas en distintos periodos de retorno, utilizando diferentes modelos probabilísticos. A continuación, se muestran las funciones de distribución recomendadas para el análisis estadístico:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gumbel

##### a) Pruebas de bondad de ajuste

Se utiliza para analizar si una agrupación de datos pertenece a una muestra independiente de la distribución seleccionada. [18]

- Prueba de Kolmogorov- Smirnov

Permite comprobar la bondad de ajuste de las distribuciones, para poder elegir la más representativa (de mejor ajuste).

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ : [18]

$$D = \max |F_o(x_m) - F(x_m)|$$

$$F_o(x_m) = m / (n+1)$$

Donde m es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

Tabla 6 Valores críticos de la prueba de 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	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

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

## b) Distribuciones

Tabla 7 Distribución normal

<b>m</b>	<b>x</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(z) ordinario</b>	<b>F(z) Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	2.3	0.0435	0.1215	0.0937	0.078
2	2.5	0.087	0.1285	0.1003	0.0415
3	3	0.1304	0.1473	0.1184	0.0169
4	4.3	0.1739	0.2046	0.1757	0.0307
5	4.4	0.2174	0.2094	0.1807	0.008
6	6	0.2609	0.2965	0.2731	0.0356
7	7	0.3043	0.3582	0.3408	0.0539
8	7.1	0.3478	0.3646	0.3479	0.0168
9	7.3	0.3913	0.3775	0.3623	0.0138
10	7.5	0.4348	0.3906	0.3769	0.0442
11	7.6	0.4783	0.3972	0.3843	0.0811
12	8.2	0.5217	0.4373	0.4292	0.0844
13	9.2	0.5652	0.5053	0.506	0.0599
14	9.7	0.6087	0.5394	0.5444	0.0693
15	10.2	0.6522	0.5731	0.5825	0.0791
16	10.4	0.6957	0.5865	0.5975	0.1092
17	10.6	0.7391	0.5998	0.6124	0.1393
18	11	0.7826	0.626	0.6416	0.1566
19	13.5	0.8261	0.7731	0.8012	0.053
20	13.7	0.8696	0.7833	0.8118	0.0863
21	15.4	0.913	0.8587	0.8874	0.0543
22	29.8	0.9565	0.9998	1	0.0433

Fuente: Elaboración propia (Hidroesta)

**Delta Máximo teórico** = 0.1566**Parámetro de localización (Xm)** = 9.1227**Parámetro de escala (S)** = 5.8425Precipitación:

La precipitación para el periodo de retorno de diseño (10 años), es 16.61.

Tabla 8 Distribución log 2 parámetros

m	x	P(X)	F(z) ordinario	F(z) Mom Lineal	Delta
1	2.3	0.0435	0.0238	0.023	0.0197
2	2.5	0.087	0.0325	0.0316	0.0545
3	3	0.1304	0.0611	0.0598	0.0693
4	4.3	0.1739	0.1699	0.1682	0.004
5	4.4	0.2174	0.1796	0.1779	0.0378
6	6	0.2609	0.3417	0.3407	0.0808
7	7	0.3043	0.4385	0.4381	0.1342
8	7.1	0.3478	0.4477	0.4473	0.0999
9	7.3	0.3913	0.4658	0.4655	0.0745
10	7.5	0.4348	0.4834	0.4833	0.0486
11	7.6	0.4783	0.4921	0.4921	0.0138
12	8.2	0.5217	0.5418	0.5421	0.0201
13	9.2	0.5652	0.6156	0.6123	0.0504
14	9.7	0.6087	0.6483	0.6493	0.0396
15	10.2	0.6522	0.6784	0.6796	0.0262
16	10.4	0.6957	0.6897	0.6909	0.006
17	10.6	0.7391	0.7007	0.702	0.0384
18	11	0.7826	0.7214	0.7228	0.0612
19	13.5	0.8261	0.8221	0.8237	0.004
20	13.7	0.8696	0.8283	0.83	0.0413
21	15.4	0.913	0.8727	0.8744	0.0403
22	29.8	0.9565	0.9869	0.9874	0.0304

Fuente: Elaboración propia (Hidroesta)

**Delta Máximo teórico**= 0.1342

**Parámetro de localización ( $\mu_y$ )** = 2.0402

**Parámetro de escala ( $S_y$ )**= 0.6093

Precipitación:

La precipitación para el periodo de retorno de diseño (10 años), es 16.29.

Tabla 9 Distribución gamma 2 parámetros

m	x	P(X)	G(Y) ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	2.3	0.0435	0.0387	0.159	0.0048
2	2.5	0.087	0.0476	0.1752	0.0393
3	3	0.1304	0.0741	0.2155	0.0564
4	4.3	0.1739	0.165	0.3168	0.0089
5	4.4	0.2174	0.173	0.3243	0.0444
6	6	0.2609	0.3116	0.4367	0.0507
7	7	0.3043	0.4009	0.4995	0.0966
8	7.1	0.3478	0.4097	0.5055	0.0619
9	7.3	0.3913	0.4272	0.5172	0.0359
10	7.5	0.4348	0.4445	0.5287	0.0098
11	7.6	0.4783	0.4531	0.5344	0.0251
12	8.2	0.5217	0.5034	0.5672	0.0184
13	9.2	0.5652	0.5815	0.6175	0.0163
14	9.7	0.6087	0.6175	0.6406	0.0088
15	10.2	0.6522	0.6514	0.6625	0.0008
16	10.4	0.6957	0.6643	0.6709	0.0313
17	10.6	0.7391	0.6769	0.6791	0.0622
18	11	0.7826	0.701	0.695	0.0816
19	13.5	0.8261	0.8215	0.779	0.0046
20	13.7	0.8696	0.8291	0.7847	0.0405
21	15.4	0.913	0.883	0.8277	0.0301
22	29.8	0.9565	0.9971	0.9757	0.0405

Fuente: Elaboración propia (Hidroesta)

**Delta Máximo teórico** = 0.0966

Con momentos ordinarios:

**Parámetro de forma (gamma)** = 1.1033

**Parámetro de escala (beta)** = 40.9742

Precipitación:

La precipitación para el periodo de retorno de diseño (10 años), es 16.95

Ilustración 12 Distribución de Gumbel

m	x	P(X)	G(Y) ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	2.3	0.0435	0.0812	0.0586	0.0377
2	2.5	0.087	0.0905	0.0669	0.0035
3	3	0.1304	0.1161	0.0905	0.0143
4	4.3	0.1739	0.1982	0.1713	0.0243
5	4.4	0.2174	0.2053	0.1786	0.0121
6	6	0.2609	0.3281	0.3078	0.0673
7	7	0.3043	0.4087	0.3948	0.1044
8	7.1	0.3478	0.4167	0.4035	0.0689
9	7.3	0.3913	0.4327	0.4209	0.0414
10	7.5	0.4348	0.4486	0.4381	0.0138
11	7.6	0.4783	0.4564	0.4467	0.0218
12	8.2	0.5217	0.5028	0.4971	0.0189
13	9.2	0.5652	0.5758	0.5762	0.0106
14	9.7	0.6087	0.6098	0.6129	0.0011
15	10.2	0.6522	0.642	0.6474	0.0102
16	10.4	0.6957	0.6543	0.6606	0.0413
17	10.6	0.7391	0.6663	0.6734	0.0728
18	11	0.7826	0.6895	0.698	0.0931
19	13.5	0.8261	0.8067	0.8199	0.0194
20	13.7	0.8696	0.8142	0.8275	0.0554
21	15.4	0.913	0.8696	0.8812	0.045
22	29.8	0.9565	0.994	0.9959	0.0375

Fuente: Elaboración propia (Hidroesta)

**Delta Máximo teórico = 0.1044**

Con momentos ordinarios:

**Parámetro de forma (u) = 6.4933**

**Parámetro de escala (alfa) = 4.5554**

Precipitación:

La precipitación para el periodo de retorno de diseño (10 años), es 16.75.

Tabla 10 Precipitación de las distribuciones

DESCRIPCIÓN	PR	PPmáx
NORMAL	10	16.6102
LOG NORMAL 2 PARÁMETROS	10	16.285
GAMMA 2 PARAMETROS	10	16.9482
GUMBEL	10	16.7476

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo las precipitaciones de cada distribución, se elige la más conservadora de ellas que en este caso vendría a ser la distribución de Gamma 2 parámetros.

c) Precipitación máxima (distribución Gamma 2 parámetros)

Tabla 11 Máxima precipitación diaria según el periodo de retorno

GAMMA 2 PARAMETROS	
PR	PPmáx
2	7.91036
5	13.3397
10	16.9482
25	21.4176
50	24.6578
100	27.815

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Coeficientes de duración de lluvias

DURACIONES EN HORAS									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.5	0.56	0.64	0.79	0.9	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Precipitaciones máximas Pd según los tiempos de duración de lluvias

Tiempo de duración (horas)	Coeficiente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempo de duración					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24 h	100%	7.910	13.340	16.948	21.418	24.658	27.815
18 h	90%	7.119	12.006	15.253	19.276	22.192	25.034
12 h	79%	6.249	10.538	13.389	16.920	19.480	21.974
8 h	64%	5.063	8.537	10.847	13.707	15.781	17.802
6 h	56%	4.430	7.470	9.491	11.994	13.808	15.576
5 h	50%	3.955	6.670	8.474	10.709	12.329	13.908
4 h	44%	3.481	5.869	7.457	9.424	10.849	12.239
3 h	38%	3.006	5.069	6.440	8.139	9.370	10.570
2 h	31%	2.452	4.135	5.254	6.639	7.644	8.623
1 h	25%	1.978	3.335	4.237	5.354	6.164	6.954

Fuente: Elaboración propia

## d) Intensidades de lluvia

Es llamada también intensidad de precipitación, se expresa en mm/hora y se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

P= Precipitación de lluvia (mm)

t= duración (hora)

Tabla 14 Intensidades de lluvia según duración de precipitación y frecuencia de la misma

Tiempo de duración (horas)	Tiempo de duración (min)	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempo de duración					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24	1440	0.330	0.556	0.706	0.892	1.027	1.159
18	1080	0.396	0.667	0.847	1.071	1.233	1.391
12	720	0.521	0.878	1.116	1.410	1.623	1.831
8	480	0.633	1.067	1.356	1.713	1.973	2.225
6	360	0.738	1.245	1.582	1.999	2.301	2.596
5	300	0.791	1.334	1.695	2.142	2.466	2.782
4	240	0.870	1.467	1.864	2.356	2.712	3.060
3	180	1.002	1.690	2.147	2.713	3.123	3.523
2	120	1.226	2.068	2.627	3.320	3.822	4.311
1	60	1.978	3.335	4.237	5.354	6.164	6.954

Fuente: Elaboración propia

e) Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Estas curvas resultan de la unión de puntos que representan a la intensidad (mm) en distintos intervalos de duración. Estas curvas se han calculado de manera indirecta empleando la siguiente ecuación:

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

Donde:

I = Intensidad en mm/hr

T = Duración de la lluvia en min

T = Periodo de retorno en años

K, m, n = Parámetros de ajuste

## e.1) Ecuación de intensidad máxima

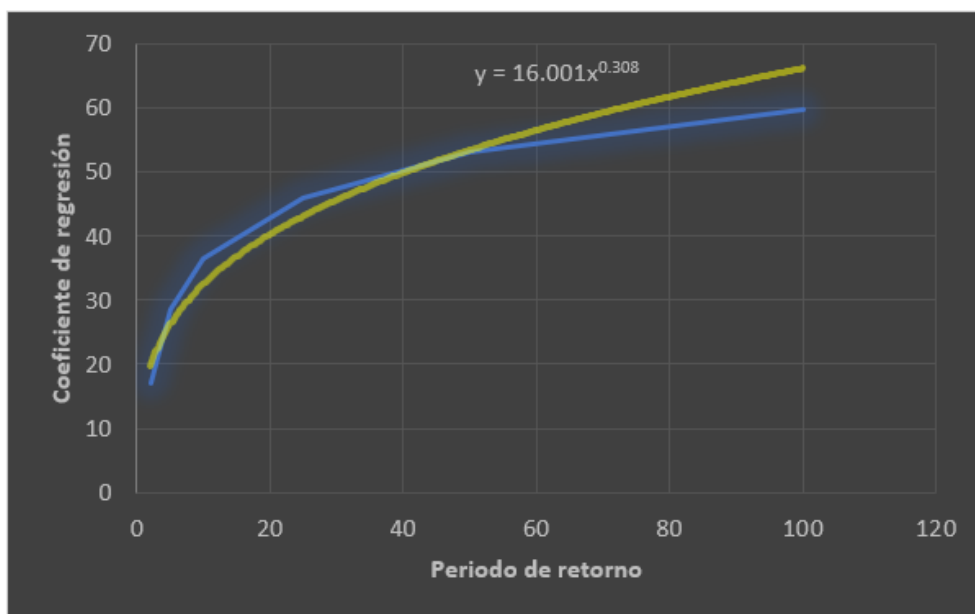
Luego se realizan las regresiones correspondientes para calcular los parámetros de ajuste involucrados para hallar la ecuación de la intensidad máxima.

Tabla 15 Coeficiente y exponente de regresión

Periodo de retorno	Coefficiente de regresión	Exponente de regresión
2	16.985	-0.538
5	28.642	-0.538
10	36.39	-0.538
25	45.987	-0.538
50	52.944	-0.538
100	59.723	-0.538

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13 Gráfico de regresión potencial y la ecuación de intensidad máxima



Fuente: Elaboración propia

La ecuación de la intensidad máxima calculada fue:

$$I = \frac{16.001 * X^{0.308}}{t^{0.538}}$$

## e.2) Intensidades máximas – tiempo de duración – periodo de retorno

Calculada la ecuación se reemplaza las variables por la información correspondiente, de la cual se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 16 Intensidades - tiempo de duración

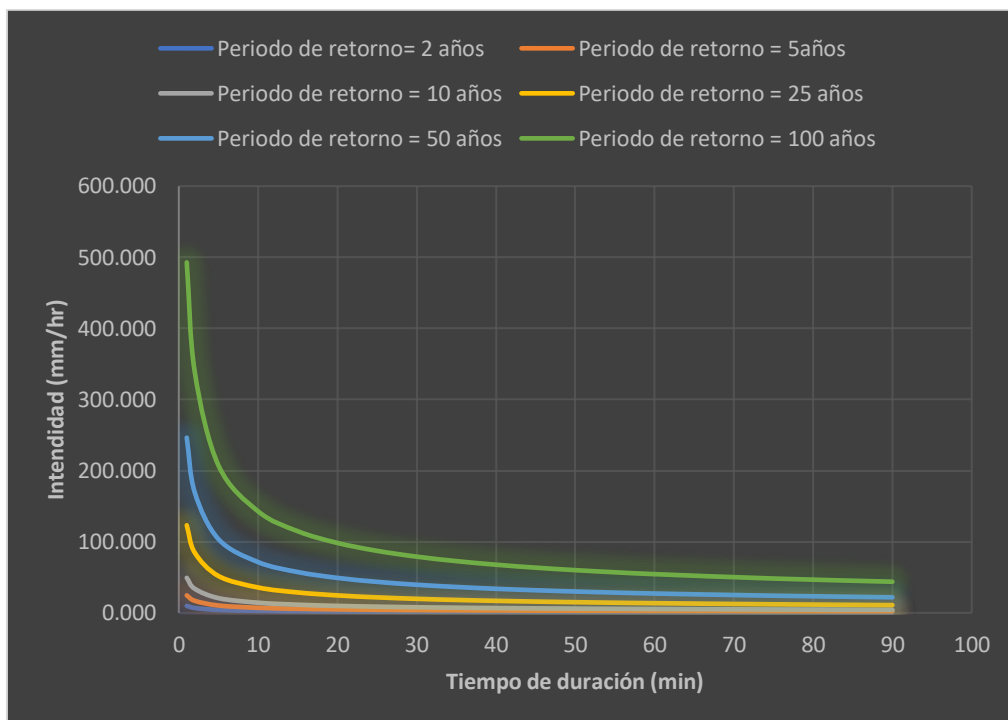
Periodo de retorno	Tiempo de duración															
	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	75	90
2	9.857	6.788	4.147	2.856	2.296	1.967	1.744	1.581	1.456	1.355	1.271	1.201	1.141	1.089	0.966	0.876
5	24.642	16.971	10.366	7.140	5.740	4.917	4.361	3.953	3.639	3.387	3.179	3.003	2.853	2.723	2.415	2.189
10	49.283	33.942	20.733	14.279	11.480	9.834	8.722	7.907	7.278	6.773	6.357	6.007	5.707	5.446	4.830	4.378
25	123.208	84.856	51.831	35.698	28.701	24.586	21.804	19.767	18.194	16.933	15.893	15.017	14.267	13.614	12.074	10.946
50	246.415	169.712	103.663	71.395	57.402	49.172	43.609	39.535	36.388	33.866	31.786	30.035	28.533	27.228	24.148	21.892
100	492.831	339.425	207.325	142.790	114.805	98.343	87.218	79.069	72.776	67.731	63.573	60.069	57.067	54.457	48.296	43.784

Fuente: Elaboración propia

### e.3) Curva IDF (Intensidad – duración – frecuencia)

Con la información obtenida en el ítem anterior se procede a graficar la curva IDF para poder identificar las intensidades máximas que dependen de variables como la duración y el periodo de retorno.

Ilustración 14 Curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia)



Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.1.7. Tiempo de concentración

“Es el tiempo que necesita una gota para ir desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Pasado el tiempo de concentración se toma en cuenta que toda la cuenca contribuye a la salida. Hay una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad y viceversa), por lo tanto, se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración”. [18]

Según California Practice (1942):

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

L= Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m

S= pendiente promedio de la cuenca m/m

Tabla 17 Tiempo de concentración

L (m)	Cotas		Desnivel	Tiempos de concentración (min)
	Inicial	Final		California Culverts Practice
250	30.1	29.85	0.25	19.56

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.1.8. Estimación de caudales de escurrimiento

“Los caudales de escurrimiento son calculados según el método racional, aplicable a áreas de drenaje no mayores a 13 km<sup>2</sup> según el reglamento OS.060 Drenaje Pluvial Urbano”. [17]

##### a) Método racional

“En este método se estima el caudal máximo mediante de la precipitación, tomando en cuenta un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A<10 Km<sup>2</sup>. Considerar que la duración de P es igual a tc. La descarga máxima de diseño, según este método, se obtiene a partir de la siguiente formula” [18]:

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

Donde:

Q = Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía

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

A= Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Tabla 18 Coeficientes de escorrentía para ser utilizados por el método racional

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS DESARROLLADAS</b>							
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
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60

Fuente: Norma OS.060 [27]

## b) Caudales circulantes por la vía

Se hallan con la intensidad de diseño, teniendo en consideración los aportes de viviendas, veredas y pistas, mediante la ecuación del caudal del método racional.

Tabla 19 Caudales circundantes por las vías

CAUDAL N°	Datos para pendiente			Aporte de Área							Coef (C)	I max mm / h	Q = 0.278*C*I*A + %q				Aporta
	COTA 1	COTA 2	Longitud (m)	Viviendas A	Viviendas B	Vías	Veredas	Ap. Viviendas (m2)	Ap. de vías y veredas (m2)	Total (km2)			I*A (m3/s)	%q (m3/s)	%q (m3/s)	Total (m3/s)	
q1	30.1	30.06	61	830	800	488	146.4	1222.5	444.08	0.0017	0.810	6.567	0.0025		0.002		
q2	30.06	30.01	53	168	276	424	127.2	333	385.84	0.0007	0.810	6.567	0.0011	0.0012	0.002	q1	
q3	30.06	30	52	629	600	416	124.8	921.75	378.56	0.0013	0.810	6.567	0.0019	0.0012	0.003	q1	
q4	30.04	30	53	699	150	424	127.2	636.75	385.84	0.0010	0.810	6.567	0.0015	0.0023	0.004	q23/3	
q5	30	29.95	52	300	0	416	124.8	225	378.56	0.0006	0.810	6.567	0.0009	0.0032	0.004	q3-q4	
q6	30	29.95	53	670	665	424	127.2	1001.25	385.84	0.0014	0.810	6.567	0.0021	0.0013	0.001	0.004	q18/2-q17/2
q7	29.95	29.9	52	178	0	416	124.8	133.5	378.56	0.0005	0.810	6.567	0.0008	0.0078	0.004	0.013	q5-q6
q8	29.95	29.9	56	665	655	336	134.4	990	329.28	0.0013	0.810	6.567	0.0020	0.0011	0.003	0.006	q15/2-q16/2
q9	29.9	29.85	43	117	117	344	103.2	175.5	313.04	0.0005	0.810	6.567	0.0007	0.0130	0.006	0.019	q7-q8
q10	29.9	29.85	54	557	0	324	129.6	417.75	317.52	0.0007	0.810	6.567	0.0011	0.0018	0.003	0.005	q11-q12
q11	29.95	29.9	55	120	0	330	132	90	323.4	0.0004	0.810	6.567	0.0006	0.0029		0.004	q13
q12	29.95	29.9	43	674	117	344	103.2	593.25	313.04	0.0009	0.810	6.567	0.0013	0.0011	0.003	0.005	q15/2-q16/2
q13	30.03	29.95	43	674	300	258	103.2	730.5	252.84	0.0010	0.810	6.567	0.0015	0.0015		0.003	q14/2
q14	30.08	30.03	43	616	300	258	103.2	687	252.84	0.0009	0.810	6.567	0.0014	0.0016		0.003	q24/2
q15	30.03	29.95	55	120	170	330	132	217.5	323.4	0.0005	0.810	6.567	0.0008	0.0015		0.002	q14/2
q16	30	29.95	49.8	616	668	398.4	119.52	963	362.544	0.0013	0.810	6.567	0.0020	0.0015	0.002	0.005	q18/2-q17/2
q17	30.08	30	55	160	550	440	132	532.5	400.4	0.0009	0.810	6.567	0.0014	0.0016		0.003	q24/2
q18	30.04	30	52	660	300	416	124.8	720	378.56	0.0011	0.810	6.567	0.0016	0.0023		0.004	q23/3
q19	30.04	30.01	54	645	660	432	129.6	978.75	393.12	0.0014	0.810	6.567	0.0020	0.0023		0.004	q23/3
q20	30.01	29.96	61	850	820	488	146.4	1252.5	444.08	0.0017	0.810	6.567	0.0025	0.0091		0.012	q2-q21-q19
q21	30.06	30.01	75	1025	450	600	180	1106.25	546	0.0017	0.810	6.567	0.0024			0.002	-
q22	30.02	29.97	75	1025	0	600	180	768.75	546	0.0013	0.810	6.567	0.0019			0.002	-
q23	30.1	30.04	150	2050	2070	1200	360	3090	1092	0.0042	0.810	6.567	0.0062	0.0007		0.007	q25/3
q24	30.15	30.08	95	1550	400	760	228	1462.5	691.6	0.0022	0.810	6.567	0.0032			0.003	-
q25	30.15	30.1	52	660	680	416	124.8	1005	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0020			0.002	-
q26	30.1	29.97	52	680	680	416	124.8	1020	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0021	0.0007		0.003	q25/3
q27	29.97	29.88	61	660	0	488	146.4	495	444.08	0.0009	0.810	6.567	0.0014	0.0052	0.002	0.009	q30-q26-q22
q28	30.15	30.1	94	1410	2200	752	225.6	2707.5	684.32	0.0034	0.810	6.567	0.0050			0.005	-
q29	30.1	30.04	115	1410	1450	920	276	2145	837.2	0.0030	0.810	6.567	0.0044	0.0007		0.005	q25/3
q30	30.04	29.97	63	835	800	504	151.2	1226.25	458.64	0.0017	0.810	6.567	0.0025			0.002	-
q31	30.04	29.98	73	800	835	584	175.2	1226.25	531.44	0.0018	0.810	6.567	0.0026			0.003	-
q32	29.98	29.9	61	660	830	488	146.4	1117.5	444.08	0.0016	0.810	6.567	0.0023	0.0026	0.007	0.012	q31/2-q33/2
q33	30.03	29.98	52	680	620	416	124.8	975	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0020	0.0046		0.007	q35/2

CAUDAL N°	Datos para pendiente			Aporte de Área							Coef (C)	I max mm / h	Q = 0.278*C*I*A + %q				Aporta
	COTA 1	COTA 2	Longitud (m)	Viviendas A	Viviendas B	Vías	Veredas	Ap. Viviendas (m2)	Ap. de vías y veredas (m2)	Total (km2)			I*A (m3/s)	%q (m3/s)	%q (m3/s)	Total (m3/s)	
q34	30.03	29.93	79	600	800	632	189.6	1050	575.12	0.0016	0.810	6.567	0.0024	0.0046	0.007	q35/2	
q35	30.04	30.03	12	220	0	96	28.8	165	87.36	0.0003	0.810	6.567	0.0004	0.0038	0.009	q36-q29	
q36	30.1	30.04	52	700	680	416	124.8	1035	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0021	0.0017	0.004	q28/3	
q37	30.1	29.97	90	840	840	720	216	1260	655.2	0.0019	0.810	6.567	0.0028	0.0017	0.005	q28/3	
q38	30.1	30.06	52	600	740	416	124.8	1005	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0020	0.0017	0.004	q28/3	
q39	30.06	30	79	840	840	632	189.6	1260	575.12	0.0018	0.810	6.567	0.0027	0.0019	0.006	q38/2-q40/2	
q40	30.1	30.06	70	1165	1140	560	168	1728.75	509.6	0.0022	0.810	6.567	0.0033		0.003	-	
q41	30.06	30	52	640	740	416	124.8	1035	378.56	0.0014	0.810	6.567	0.0021	0.0019	0.006	q38/2-q40/2	
q42	30.1	30	79	840	120	632	189.6	720	575.12	0.0013	0.810	6.567	0.0019		0.002	-	
q43	30.09	30	80	1180	1070	640	192	1687.5	582.4	0.0023	0.810	6.567	0.0034		0.003	-	
q44	30	29.95	52	790	740	416	124.8	1147.5	378.56	0.0015	0.810	6.567	0.0023	0.0075	0.003	q42-q41-q43	
q45	30.05	29.95	79	920	120	632	189.6	780	575.12	0.0014	0.810	6.567	0.0020		0.002	-	
q46	29.95	29.88	80	1150	800	640	192	1462.5	582.4	0.0020	0.810	6.567	0.0030	0.0151	0.002	q45-q44-q47	
q47	30.03	29.95	52	600	680	416	124.8	960	378.56	0.0013	0.810	6.567	0.0020		0.002	-	
q48	29.96	29.88	70	360	0	420	168	270	411.6	0.0007	0.810	6.567	0.0010	0.0006	0.002	q50/2	
q49	30.03	29.99	79	980	980	474	189.6	1470	464.52	0.0019	0.810	6.567	0.0029		0.003	-	
q50	30.03	29.96	44	480	280	264	105.6	570	258.72	0.0008	0.810	6.567	0.0012		0.001	-	
q51	30.03	29.97	52	600	440	416	124.8	780	378.56	0.0012	0.810	6.567	0.0017		0.002	-	
q52	29.96	29.9	42	430	0	252	100.8	322.5	246.96	0.0006	0.810	6.567	0.0008	0.0006	0.001	q50/2	
q53	29.97	29.94	79	980	1030	474	189.6	1507.5	464.52	0.0020	0.810	6.567	0.0029	0.0009	0.001	q51/2-q55/2	
q54	29.97	29.9	44	120	230	264	105.6	262.5	258.72	0.0005	0.810	6.567	0.0008	0.0009	0.001	q51/2-q55/2	
q55	30.08	29.97	52	540	485	416	124.8	768.75	378.56	0.0011	0.810	6.567	0.0017		0.002	-	
q56	30.08	29.9	79	1030	1040	632	189.6	1552.5	575.12	0.0021	0.810	6.567	0.0031		0.003	-	
q57	29.99	29.9	85	620	0	510	204	465	499.8	0.0010	0.810	6.567	0.0014	0.0007	0.002	q58/2	
q58	30.08	29.99	60	300	450	480	144	562.5	436.8	0.0010	0.810	6.567	0.0015		0.001	-	
q59	30.08	29.98	52	620	430	416	124.8	787.5	378.56	0.0012	0.810	6.567	0.0017		0.002	-	
q60	29.98	29.82	79	1040	850	474	189.6	1417.5	464.52	0.0019	0.810	6.567	0.0028	0.0006	0.003	q59/3	
q61	29.98	29.9	61	380	450	366	146.4	622.5	358.68	0.0010	0.810	6.567	0.0015	0.0006	0.002	q59/3	
q62	29.99	29.9	32	250	0	192	76.8	187.5	188.16	0.0004	0.810	6.567	0.0006	0.0007	0.001	q58/2	
q63	29.98	29.93	40	650	320	320	96	727.5	291.2	0.0010	0.810	6.567	0.0015	0.0006	0.002	q59/3	
q64	30	29.9	35	320	0	210	84	240	205.8	0.0004	0.810	6.567	0.0007		0.001	-	
q65	29.93	29.75	97	850	0	582	232.8	637.5	570.36	0.0012	0.810	6.567	0.0018	0.0010	0.002	q66-q63	
q66	30	29.93	70	380	0	420	168	285	411.6	0.0007	0.810	6.567	0.0010		0.001	-	

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

#### 3.4.2.1.Generalidades

Este estudio forma parte de los estudios realizados en esta investigación la cual se identifica los dos puntos de control en las intersecciones con mayor circulación vehicular dentro de los límites del proyecto, las intersecciones evaluadas fueron: calle Manuel Mesones Muro con Varayoc (Primera estación de control) y Manuel Mesones Muro con Inca Roca (Segunda estación de control). El objetivo principal de este estudio es determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA). Se realizó en dos intersecciones debido a que había no había seguridad de cuál de estas dos era la que tenía un mayor flujo vehicular. Este estudio se da a conocer el volumen, la composición vehicular y la variación vehicular diaria con el objetivo de determinar el Índice Medio Diario (IMD) y finalmente obtener el equivalent single axle load (ESAL) que soportará el pavimento dentro de su periodo de diseño.

#### 3.4.2.2.Objetivo

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la zona de estudio. Es uno de los estudios indispensables para el diseño del pavimento y poder determinar las características de este.

#### 3.4.2.3.Metodología de trabajo








En primer lugar, se procedió a identificar estratégicamente las 2 intersecciones con mayor flujo vehicular de la localidad que serán nuestras estaciones de control y nos permitirán obtener la información precisa, real y detallada. Para el conteo vehicular se realizó una recolección de datos in situ, llenando el formato de clasificación vehicular del MTC en físico según cada día de la semana y en cada una de las 2 intersecciones anteriormente mencionadas. El estudio de tráfico se realizó desde el 8 al 14 de marzo desde las 00: 00 horas del día lunes 8 de marzo hasta las 24:00 horas del domingo 14 de marzo.

#### 3.4.2.4. Resultados del tránsito existente

El tránsito en la localidad de estudio está compuesto por vehículos ligeros y por

vehículos pesados. Se identificaron las horas pico entre las 6:00 am – 9:00 am y 12:00 pm – 3:00 pm. A continuación, se presentan las tablas resumen del tránsito actual existente en los dos puntos de control tomados.

Tabla 20 Resumen de conteo vehicular diario en la primera estación de control

TIPO DE VEHICULO	DIAGRAMA VEHICULAR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Moto Taxi		48	39	44	39	46	54	46
Moto Lineal		25	33	30	28	24	37	24
Auto		76	63	58	51	64	81	64
Station wagon		18	16	17	14	18	14	18
Pick Up		16	10	12	11	10	12	10
Panel		10	6	5	5	7	8	7
Rural Combi		18	16	19	20	18	14	18
Micro		4	3	2	3	3	2	3
Camión 2E		7	6	7	5	6	4	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Resumen de conteo vehicular diario en la segunda estación de control

TIPO DE VEHICULO	DIAGRAMA VEHICULAR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Moto Taxi		36	31	33	35	45	41	45
Moto Lineal		25	28	24	21	36	30	36
Auto		60	55	57	47	61	73	61
Station wagon		16	14	15	12	18	10	18
Pick Up		14	8	12	8	9	12	9
Panel		4	2	6	7	6	4	6
Rural Combi		16	14	18	18	16	10	16
Micro		4	2	2	1	2	3	2
Camión 2E		5	4	2	3	3	4	3

Fuente: Elaboración propia

Recopilada la información de las dos estaciones de control, se analizó para saber cuál es la estación con mayor circulación vehicular. Después de analizar ambos resultados

se determinó que la estación de control con mayor circulación vehicular fue la primera, por lo que se procede a calcular el ESAL con esos datos.

### 3.4.2.5. Resultados del tránsito existente convertido

Primero se define cuál de las dos estaciones es la que presentó un mayor flujo vehicular. Debido a que existe mayor flujo vehicular en la primera estación de control ubicada en la intersección de la calle Manuel Mesones Muro y Varayoc se procederá a realizar el cálculo del ESAL con esta. Antes de eso se procede a convertir el flujo vehicular de las motos lineales y moto taxis a autos haciendo uso de las siguientes equivalencias:

Equivalencia para conversión a Autos				
4	Motolineal	=	1	Auto
3	Mototaxi	=	1	Auto

Fuente: MTC

Tabla 22 Conversión de moto taxis y motos lineales existentes a autos en la primera estación de control (Mesones Muro con Varayoc)

TIPO DE VEHICULO	DIAGRAMA VEHICULAR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Moto Taxi		48	39	44	39	46	54	46
Moto Lineal		25	33	30	28	24	37	24
Conversión de moto taxis y motos lineales a autos		22	21	22	20	21	27	21
Autos contados		76	63	58	51	64	81	64
Auto totales		98	84	80	71	85	108	85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Resumen de conteo vehicular diario corregido en la primera estación de control

TIPO DE VEHICULO	DIAGRAMA VEHICULAR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Auto		98	84	80	71	85	108	85
Station wagon		18	16	17	14	18	14	18
Pick Up		16	10	12	11	10	12	10
Panel		10	6	5	5	7	8	7
Rural Combi		18	16	19	20	18	14	18
Micro		4	3	2	3	3	2	3
Camión 2E		7	6	7	5	6	4	6

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2.6. Cálculo del Índice Medio Diario IMD

Tabla 24 Índice medio diario de la primera estación de control

TIPO DE VEHICULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TOTAL	170	140	141	128	146	162	146

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2.7. Cálculo del Índice Medio Diario Semanal IMDs

Se obtiene mediante el volumen diario obtenido en el conteo vehicular utilizando la siguiente fórmula:

$$IMDs = \sum \frac{Vi}{7}$$

En donde:

Vi= Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de la semana

Tabla 25 Índice medio diario semanal de la primera estación de control

CLASES DE VEHÍCULOS		Promedio
		IMDa
Auto		88
Station Wagon		17
Camioneta	Pick Up	12
	Panel	7
Combi		18
Micro		3
Camión 2E		6
<b>TOTAL=</b>		<b>150</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2.8. Factores de corrección

El análisis de flujo vehicular en la zona se realizó en una muestra de una semana por lo que resulta necesario para determinar el IMDA usar factores de corrección que nos permitan corregir dicho volumen calculado al de una muestra anual. Los factores de corrección correspondientes a vehículos ligeros y vehículos pesados se obtuvieron del peaje de Mocce por ser el más próximo a la zona de estudio.

FC vehículos ligeros= 1.098

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P039	Mocce	0.988368	0.962589	1.015888	1.097568	1.088704	1.041461	1.020978	0.914061	1.042163	1.045342

FC vehículos pesados= 1.122

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
P039	Mocce	0.999739	1.029667	1.110047	1.122763	1.035493	0.963260	0.993512	0.915971	1.082418	1.019173

#### 3.4.2.9. Cálculo del tráfico medio diario anual IMDA

El IMDA (Índice medio diario anual) se obtiene a partir del IMDs (Índice medio diario semanal) y del FC (Factor corrección).

La fórmula con la que se representa es la siguiente:

## Ilustración 15 Fórmula de conversión de volumen de tráfico al IMDA

$$\text{IMDA} = \frac{(\text{VDL1} + \text{VDL2} + \text{VDL3} + \text{VDL4} + \text{VDL5} + \text{VDSAB} + \text{VDDOM})}{7} \times \text{F.C.E.}$$

Dónde:

$V_{DL1}$ ,  $V_{DL2}$ ,  $V_{DL3}$ ,  $V_{DL4}$  y  $V_{DL5}$ ..... Volúmenes de tráfico registrados en los días laborables  
 $V_{D\text{SAB}}$ ..... Volumen de tráfico registrado sábado  
 $V_{D\text{DOM}}$ ..... Volumen de tráfico registrado domingo  
 FCE..... Factor de corrección estacional  
 IMD Anual..... Índice Medio Diario Anual

Fuente: MTC [19]

Tabla 26 Índice medio diario anual (IMDA)

Intersección 01- Manuel Mesones Muro con Varayoc																			
CLASES DE VEHÍCULOS		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		Tipo de vehículo	Promedio	Factor de Corrección	Indice Medio Diario Anual (IMDA)
		IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%	IMD	%		IMDs		
Auto		98	57%	84	60%	80	56%	71	55%	85	58%	108	67%	85	58%	Liviano	87	1.01205	88
Station Wagon		18	11%	16	11%	17	12%	14	11%	18	12%	14	9%	18	12%	Liviano	16	1.01205	17
Camioneta	Pick Up	16	9%	10	7%	12	8%	11	9%	10	7%	12	7%	10	7%	Liviano	12	1.01205	12
	Panel	10	6%	6	4%	5	4%	5	4%	7	5%	8	5%	7	5%	Liviano	7	1.01205	7
Combi		18	11%	16	11%	19	13%	20	16%	18	12%	14	9%	18	12%	Liviano	18	1.01205	18
Micro		4	2%	3	2%	2	1%	3	2%	3	2%	2	1%	3	2%	Pesado	3	1.01615	3
Camión 2E		7	4%	6	4%	7	5%	5	4%	6	4%	4	2%	6	4%	Pesado	6	1.01615	6
Sumatoria de IMD		171	100%	141	100%	142	100%	129	100%	147	100%	162	100%	147	100%			TOTAL=	151

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Distribución porcentual actual según tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULOS		Promedio	Distribución
		IMDa	
Auto		88	59%
Station Wagon		17	11%
Camioneta	Pick Up	12	8%
	Panel	7	5%
Combi		18	12%
Micro		3	2%
Camión 2E		6	4%
<b>TOTAL=</b>		<b>151</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2.10. Proyecciones de tránsito a futuro

El diseño estructural del pavimento se basa en el tráfico que existe actualmente pero también en los incrementos de este con el paso de los años. Por esto resulta fundamental determinar un periodo de diseño del pavimento y determinar la proyección a futuro del tránsito en dicho periodo de tiempo, esta proyección está en función de las tasas de crecimiento poblacionales y económicas. Para calcular el tráfico proyectado al periodo de diseño se utiliza la fórmula siguiente:

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

Donde:

T<sub>n</sub>: Tránsito proyectado a “n” años (vehículos/día)

T<sub>o</sub>: Tránsito actual (vehículos/día)

n: año futuro de proyección

r: tasa anual de crecimiento de tránsito

## a) Periodo de diseño

Para el presente proyecto se ha establecido un periodo de diseño de 20 años basándonos en la siguiente tabla:

Tabla 28 Periodo de diseño según el tipo de carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASTHO 93 [10]

## b) Tasa de crecimiento

Sabiendo que en el estudio de tráfico se ha contado con vehículos ligeros y vehículos pesados, se ha considerado una tasa de crecimiento distinta para ambos, para vehículos ligeros se ha considerado una tasa de crecimiento equivalente al crecimiento poblacional y para los vehículos pesados se ha considerado una tasa de crecimiento equivalente al producto bruto interno del departamento (PBI) del departamento de Lambayeque.

Ilustración 16 Lambayeque: población censada y tasa de crecimiento promedio anual entre 2007 y 2017

Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
<b>Total</b>	<b>1 112 868</b>	<b>100,0</b>	<b>1 197 260</b>	<b>100,0</b>	<b>84 392</b>	<b>7,6</b>	<b>0,7</b>
Chiclayo	757 452	68,1	799 675	66,8	42 223	5,6	0,5
Ferreñafe	96 142	8,6	97 415	8,1	1 273	1,3	0,1
Lambayeque	259 274	23,3	300 170	25,1	40 896	15,8	1,5

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017 [20]

Ilustración 17 PERÚ: Producto bruto interno por años, según departamentos valores a precios corrientes (Participación del VAB en el PBI)

Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016P/	2017P/	2018E/	2019E/
Amazonas	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Áncash	4.9	4.3	3.8	3.9	4.0	3.7	3.6	3.0	3.1	3.1	3.3	3.5	3.2
Apurímac	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	1.2	1.4	1.3	1.3
Arequipa	5.3	5.4	5.3	5.4	5.4	5.2	4.9	4.9	4.8	5.3	5.5	5.4	5.3
Ayacucho	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
Cajamarca	2.6	2.8	3.0	2.9	3.1	3.0	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2
Cusco	3.4	3.4	3.5	3.7	4.4	4.0	4.3	3.9	3.3	3.2	3.4	3.6	3.3
Huancavelica	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Huánuco	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
Ica	2.8	3.1	3.0	3.2	3.5	3.2	3.3	3.3	3.4	3.2	3.4	3.4	3.6
Junín	2.9	2.7	2.5	2.4	2.5	2.4	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6
La Libertad	4.6	4.6	4.8	4.8	4.7	4.8	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4	4.3	4.4
Lambayeque	2.2	2.2	2.4	2.3	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3
Lima	42.6	43.2	44.5	43.7	42.7	43.8	44.6	45.6	46.6	46.6	45.8	45.5	45.8
Callao	4.2	4.3	4.3	4.2	4.2	4.4	4.3	4.4	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8
Lima Provincias	3.6	3.4	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.1
Lima Metropolitana	34.9	35.5	37.0	36.3	35.2	36.2	37.0	37.9	38.5	38.5	37.9	37.5	37.9
Loreto	2.2	2.3	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5
Madre de Dios	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4
Moquegua	2.4	2.1	1.7	2.0	1.8	1.5	1.5	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1
Pasco	1.7	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Piura	4.0	4.2	3.7	3.9	4.2	4.3	4.1	4.2	4.2	4.0	3.9	4.1	4.3
Puno	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
San Martín	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1
Tacna	1.6	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
Tumbes	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ucayali	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>Valor Agregado Bruto</b>	<b>91.7</b>	<b>91.9</b>	<b>91.7</b>	<b>91.5</b>	<b>92.1</b>	<b>91.4</b>	<b>91.0</b>	<b>90.9</b>	<b>91.4</b>	<b>91.8</b>	<b>92.0</b>	<b>92.0</b>	<b>91.7</b>
Impuestos a los Productos	7.4	7.6	7.9	8.0	7.6	8.3	8.6	8.7	8.3	8.0	7.8	7.8	8.1
Derechos de Importación	0.9	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Producto Bruto Interno</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: INEI [21]

c) Tránsito proyectado

En la tabla siguiente se presenta el resumen de las tasas de crecimiento del tráfico vehicular ligero según el crecimiento poblacional y del tráfico vehicular pesado según el crecimiento del PBI.

Tabla 29 Resumen de tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados

<b>Vehículos Ligeros (Crecimiento poblacional) =</b>	<b>0.5%</b>
<b>Vehículos pesados (Crecimiento del PBI) =</b>	<b>2.3%</b>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo definidas las tasas de crecimiento para ambos tipos de vehículos se procede a realizar el cálculo del IMDA proyectado al año 2041. En la tabla siguiente se pueden apreciar los resultados.

Tabla 30 Proyección de tráfico al año 2041

CLASES DE VEHÍCULOS	AÑO 2021	Fca	AÑO 2041	
	IMDa		IMDa	
Auto	88	1.21	107	
Station Wagon	17		20	
Camioneta	Pick Up		12	14
	Panel		7	8
Combi	18		22	
Micro	3	1.25	4	
Camión 2E	6		7	
<b>TOTAL=</b>	<b>150</b>		<b>182</b>	

Fuente: Elaboración propia

d) Clasificación por tipo de vehículo

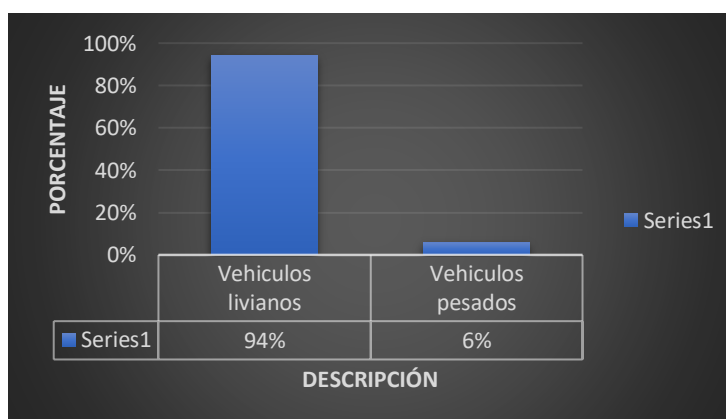
d.1) Vehículos livianos

“Son vehículos que tienen dos ejes y cuatro neumáticos, por lo cual resiste menor peso, en consecuencia, tiene una capacidad de carga menor”. [22]

d.2) Vehículos pesados

“Son los vehículos que están compuestos de dos ejes y seis neumáticos o más, como también los camiones de carga pesada, lo que nos muestra vehículos más pesados y con el soporte de cargas mayores”. [22]

Ilustración 18 Porcentaje de vehículos livianos y pesados existentes



Fuente: Elaboración propia

## e) Factor direccional y factor carril

“El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico”. [11]

“El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril”. [11]

Tabla 31 Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

<b>Intersección 01- Manuel Mesones Muro con Varayoc</b>					
Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd x Fc)
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	8	8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	<b>2 sentidos</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Fuente: MTC [11]

f) Factor de crecimiento acumulado para vehículos ligeros y pesados

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

<b>n=</b>	<b>20 años</b>
<b>Vehículos ligeros</b>	
Fca=	20.98
<b>Vehículos pesados</b>	
Fca=	25.04

g) Factor de equivalencia de carga

Tabla 32 Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.1</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.1</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 13.0 ] <sup>4.1</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 13.3 ] <sup>4.1</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 16.6 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 17.5 ] <sup>4.0</sup>
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: MTC [11]

Tabla 33 Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> = [ P / 15.1 ] <sup>4.0</sup>
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> = [ P / 20.7 ] <sup>3.9</sup>
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> = [ P / 21.8 ] <sup>3.9</sup>
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Carreteras del MTC [11]

h) Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)

Tabla 34 Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) – Pavimento Flexible e intertrabado

Intersección 01- Manuel Mesones Muro con Varayoc								
Tipo de vehículo	IMDs	IMDa	Factor Carril	Factor dirección	Número de Días	Factor Camión	Factor Crecimiento	ESAL
Auto	87.29	88	1	0.5	365	0.001054033	20.979115	356.491357
Station wagon	16.43	17	1	0.5	365	0.002573323	20.979115	163.81199
Pick Up	11.57	12	1	0.5	365	0.005336043	20.979115	239.253252
Panel	6.86	7	1	0.5	365	0.005336043	20.979115	141.779705
Combi	17.57	18	1	0.5	365	0.005336043	20.979115	363.310494
Micro	2.86	3	1	0.5	365	2.530733497	25.036609	33436.3057
Camión C2	5.86	6	1	0.5	365	4.503653709	25.036609	122474.504
							Esal=	157175.457
							Esal=	157176

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) – Pavimento Rígido

Intersección 01- Manuel Mesones Muro con Varayoc								
Tipo de vehículo	IMDs	IMDa	Factor Carril	Factor dirección	Número de Días	Factor Camión	Factor Crecimiento	ESAL
Auto	87.29	88	1	0.5	365	0.00087277	20.979115	295.185222
Station wagon	16.43	17	1	0.5	365	0.002178868	20.979115	138.701863
Pick Up	11.57	12	1	0.5	365	0.004601231	20.979115	206.306344
Panel	6.86	7	1	0.5	365	0.004601231	20.979115	122.255611
Combi	17.57	18	1	0.5	365	0.004601231	20.979115	313.280004
Micro	2.86	3	1	0.5	365	2.545668356	25.036609	33633.6266
Camión C2	5.86	6	1	0.5	365	4.607660451	25.036609	125302.913
							Esal=	160012.269
							Esal=	160013

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3. ESTUDIO DE SUELOS

#### 3.4.3.1. Generalidades

- Objetivo

El presente estudio tiene el objetivo de dar a conocer las propiedades y características del suelo del proyecto “Análisis y diseño para la pavimentación de las calles comprendidas dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, la Av. Imperio, la Av. Los Incas y Los terrenos Agrícolas del sur, La Victoria, Chiclayo, 2020”.

- Ubicación

Departamento: Lambayeque

Provincia: Chiclayo

Distrito: La Victoria

#### 3.4.3.2. Normatividad

El presente estudio se realizó en base a la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, bajo las normas de la (A.S.T.M.) y (AASHTO).

#### 3.4.3.3. Geodinámica externa

El sub suelo de actividad de cimentación no está sujeto a socavaciones ni deslizamientos, así como no se ha encontrado evidencias de hundimientos ni levantamientos en el terreno, asimismo la geodinámica externa en el área de estudio no presenta en la actualidad riesgo alguno de deslizamiento de masas de tierra. Tampoco se han observado fallas geológicas o problemas estructurales que afecten la seguridad de la obra en sí.

#### 3.4.3.4. Exploración y muestreo de suelos

El estudio de suelo para el presente proyecto se efectuó mediante 9 calicatas a cielo abierto dentro de la zona de estudio, el número de calicatas se calculó según lo que indica la norma técnica C.E. 0.10 de pavimentos urbanos [16]. En primer lugar, se realizó previamente el reconocimiento de campo para determinar la ubicación de los 9

puntos de exploración. Después se realizó la excavación manual de las 9 calicatas previamente definidas. Las excavaciones se realizaron a 1.50 metros como lo indica la C.E. 0.10 de pavimentos urbanos [16].

Ilustración 19 Localización de las calicatas realizadas



Fuente: Elaboración propia

Realizada la perforación y la extracción de las muestras alteradas se les colocó una enumeración para identificarlas y poder llevarlas al laboratorio para los respectivos ensayos que se le realizarán y finalmente analizar los resultados obtenidos.

#### 3.4.3.5. Ensayos de laboratorio

Todas las muestras fueron analizadas según los ensayos, estos se analizaron en el laboratorio Linus. A continuación, se muestran los ensayos realizados y una descripción breve de su procedimiento.:

## a) Análisis granulométrico por tamizado

## a.1) Objetivo

Debido a la gran variedad de partículas de suelos se realiza este ensayo con el objetivo de determinar cuantitativamente la dimensión de las partículas que constituyen una muestra y representar cada uno de ellos en un porcentaje de su peso total.

## a.2) Referencia normativa

AASHTO T 88 - ASTM D422

## a.3) Equipos y materiales

Estufa
Balanza
Tamices de malla cuadrada
Envases
Brochas

Ilustración 20 Tamices, envase y brocha empleados en el laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21 Balanzas empleadas en el laboratorio



Fuente: Elaboración propia

#### a.4) Muestra

Se preparó una muestra para el análisis granulométrico la cual se conformó por dos fracciones, la primera que fue la retenida en el tamiz N°4 y otra que pasa dicho tamiz ya que ambas fracciones se ensayarán por separado. La abertura de la malla N°4 es de 4.760 mm.

#### a.5) Procedimiento

Se comienza pesando una porción representativa de la muestra, luego se satura en agua y se deja reposar unos 30 minutos, para después proceder a lavar dicha muestra. Terminando el proceso de lavado se coloca a secar durante 24 horas al horno, para así evaporar el contenido de agua y que solamente el suelo. Pasando las 24 horas se retira la muestra y se pesa anotando el resultado obtenido. Luego se realiza el proceso de tamizado verificando que las mallas de los tamices se encuentren limpias de partículas para no alterar la muestra. Todos los tamices son ordenados de arriba hacia debajo de mayor a menor abertura, comenzando desde el tamiz 1/4", se añade la muestra a los tamices y se comienza a zarandear hasta por unos minutos. Terminando el procedimiento anterior con cada uno de los tamices se procede a pesar las partículas retenidas en cada uno de ellos teniendo en cuenta que la sumatoria de todos estos nos debe dar igual al peso total en seco de la muestra.

#### a.6) Cálculos

Teniendo el peso total de la muestra en seco y los pesos retenidos en cada tamiz, se calculan los porcentajes retenidos en cada tamiz y se grafica la curva granulométrica que nos permitirá visualizar la tendencia de la muestra.

#### b) Límite Líquido

##### b.1) Objetivo

Representa el porcentaje de agua que se encuentra en la muestra cuando se está entre el límite de los estados líquido y plástico. Este ensayo es utilizado como una parte fundamental para la clasificación de por AASTHO y SUCS.

##### b.2) Referencia normativa

ASTM D423

##### b.3) Equipos y materiales

Recipientes
Acanalador
Copa de casagrande
Calibrador
Balanza
Estufa
Espátula

##### b.4) Muestra

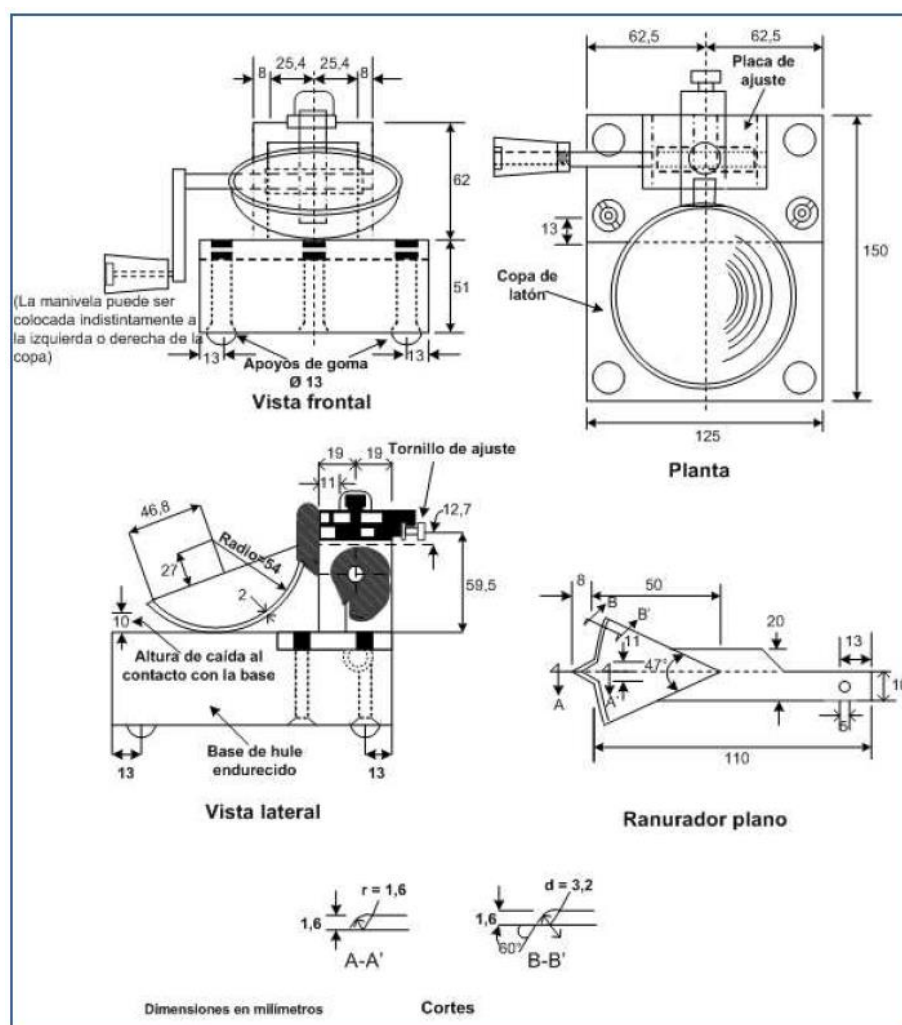
Para este ensayo se considerarán solo las partículas que pasan el Tamiz N° 40. Primeramente, se toma la muestra y se agrega agua destilada hasta formar una consistencia plástica en la muestra. Luego se deja la muestra saturada durante 24 horas para ingrese internamente la humedad.

##### b.5) Corrección de la copa de Casagrande

- Se verifica que la copa de casa grande se encuentre en buen estado.

- Una vez verificado se calibra para que caiga 1 cm a través del calibrador que tiene un bloque metálico de 10 mm de ancho.
- Para esto se levanta la copa hasta su mayor elevación dando vuelta la manija, tomando como referencia el centro anteriormente marcado.
- Luego se quita el seguro y posteriormente se gira hasta asegurar que la altura de caída tenga la altura de 1 cm.

Ilustración 22 Aparato manual para límite líquido



Fuente: MTC [9]

#### b.6) Procedimiento

- Cuando la muestra de suelo está lista se coloca en el plato de cobre de la copa de Casagrande con la ayuda de una espátula hasta lograr un espesor de un centímetro en el punto de mayor profundidad.

Ilustración 23 Colocación de la muestra de suelo preparada en el plato de cobre de la copa de Casagrande



Fuente: Elaboración propia

- Una vez colocada la muestra sobre el plato de cobre de la copa de Casagrande se divide con el acanalador diametralmente a la muestra de manera que se forma un canal o surco bien definido.

Ilustración 24 Muestra de suelo acanalada diametralmente

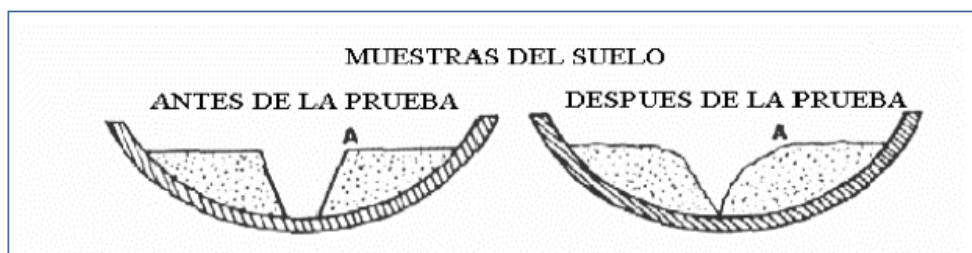


Fuente: Elaboración propia

- Luego de que la copa de Casagrande tiene la muestra preparada y acanalada como se indicó en el paso anterior, se procede a levantar y soltar la copa girando el manubrio y asegurándose de que la copa golpee aproximadamente dos veces por segundo, hasta que ambas partes se unan

en su base. Luego se realiza un corte a la mitad de la muestra con ayuda del ranurador y se procede a dar los golpes respectivos hasta que la muestra se vuelva homogénea nuevamente, de no volverse así se debe agregar más agua.

Ilustración 25 Muestra de suelo acanalada en la copa de Casagrande antes y después de los golpes



Fuente: MTC [9]

- El proceso se vuelve a realizar para determinar los golpes para los otros dos puntos, agregando agua necesaria hasta que la muestra se vuelva homogénea al dar los golpes respectivos.
- Se toma una muestra de suelos de un ancho aproximado equivalente al ancho de la espátula, luego se registra el peso y se calienta en el horno a una temperatura constante de 105°C a 110° C para calcular el contenido de humedad.
- Para nuestro caso se han realizado 3 ensayos para cada muestra en los que se obtuvieron los diferentes contenidos de humedad.

#### b.7) Cálculo

Para realizar el gráfico se toma en el plano al contenido de humedad como ordenada y el número de golpes como abscisa. Para calcular el límite líquido se emplea la fórmula siguiente:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{O} \quad LL = kW^n$$

Donde:

N = Números de golpes necesarios que cierran la ranura

W<sub>n</sub> = Contenido de humedad

K = factor

Tabla 36 Factor K

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

Fuente: MTC [9]

### c) Límite Plástico e índice de plasticidad

#### c.1) Objetivo

Permite la determinación en el laboratorio del límite plástico de una muestra de suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) conociendo el límite líquido (L.L.) de la muestra.

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen [9].

#### c.2) Referencia normativa

ASTM D424 – NTP 339.129

#### c.3) Equipos y materiales

Recipientes
Balanza
Horno
Espátula
Tamiz N° 40
Agua destilada

#### c.4) Muestra

Para determinar el límite plástico se toman una fracción de muestra que pasa el tamiz N° 40 que fue utilizada en el ensayo anterior. Se prepara la mezcla añadiendo agua destilada hasta que tome una consistencia en la que se pueda formar una esfera. Una vez realizado eso se toma una porción representativa de dicha esfera de aproximadamente 1.50g a 2.00g como muestra para el ensayo.

#### c.5) Procedimiento

- Se procede a moldear la muestra rodando y generando la presión pertinente a dicha muestra sobre un vidrio empavonado, cuando esta no se desmorona en un diámetro cercano a 3.2 mm (1/8'') se vuelve a repetir el proceso hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- Cuando los bastones se desmoronan en piezas al momento de rodar y presionar la muestra en un diámetro aproximado de 3.2 mm se alcanza el límite plástico.
- Se toman los palillos y se colocan sobre una pequeña tara, previamente pesada. Se toma el peso de estos y se coloca al horno durante 24 horas para posteriormente obtener su humedad. Se pesan los palillos una vez que hayan secado en el horno.
- En caso de no tener la certeza que el límite plástico obtenido es el correcto, se procede a comprobar realizando otra determinación de límite líquido con la otra porción de muestra original que quedo.

### c.6) Cálculo

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Para calcular el índice de plasticidad se emplea la fórmula siguiente:

$$I. P = L. L. - L. P.$$

LL= Límite líquido

LP= Límite plástico

En caso el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse o el límite plástico resulte mayor que el límite líquido, se describirá al índice de plasticidad como NP que es la abreviatura de no plástico.

### d) Contenido de Humedad

#### d.1) Objetivo

Este ensayo tiene la finalidad de indicar la cantidad de agua que presenta en relación a una muestra de suelo expresado en unidades de porcentaje.

#### d.2) Referencia normativa

ASTM D2216

#### d.3) Equipos y materiales

Horno
Balanzas
Recipientes

#### d.4) Muestra

Las muestras se conservarán de acuerdo a la norma ASTM D 4220-89.

#### d.5) Procedimiento

- Se debe tener el peso de las cápsulas o recipientes que se va a utilizar, por lo que se pesa los recipientes o cápsulas en la balanza electrónica y

posteriormente registrada en la hoja de datos.

- Se llena hasta la mitad las cápsulas con las muestras de suelo obtenidas y se anotan los pesos obtenidos.
- La muestra se ingresa a la estufa y permanecerá ahí por un periodo entre 18-24 horas a una temperatura de 105°C.
- Transcurrido el tiempo en la estufa se saca de ahí y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Una vez que la muestra se ha enfriado a temperatura ambiente se vuelve a pesar la muestra y anotar los datos obtenidos.

#### d.6) Cálculo

Para calcular el contenido de humedad se emplea la fórmula siguiente:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

W= contenido de humedad (%)

M<sub>cws</sub>= peso del recipiente o cápsula más el suelo húmedo (gramos)

M<sub>cs</sub>= peso del recipiente o cápsula más el suelo secado en horno (gramos)

M<sub>c</sub>= peso del contenedor (gramos)

M<sub>w</sub>= peso del agua (gramos)

M<sub>s</sub>= peso de las partículas sólidas (gramos)

#### e) Proctor Modificado

##### e.1) Generalidades

Es un proceso mecánico que busca mejorar las características del suelo tales como: resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los suelos, el procedimiento involucra una reducción relativamente rápida de los vacíos que por lo general están ligadas principalmente a la pérdida de volúmenes de aire,

puesto que por lo general no se expulsa agua en el proceso de compactación. La finalidad de la compactación es determinar un suelo que tenga un comportamiento mecánico idóneo durante la vida útil del proyecto.

La compactación dinámica en el laboratorio se realizaba utilizando un peso que caía libremente y golpeaba a una masa de suelo confinada, emulando la compactación en el campo que se obtenían a través de rodillos o compactadores vibratorios que pasan sobre capas de suelo relativamente delgadas durante el proceso de construcción [23].

#### e.2) Objetivo

Hallar la máxima densidad de una muestra de suelo y la humedad necesaria para llegar a esa densidad. El ensayo de Proctor modificado se realiza con una energía de 2700 kn-m/m<sup>3</sup>.

#### e.3) Referencia normativa

AASHTO T 180 – ASTM D1557

#### e.4) Métodos

Tabla 37 Métodos alternativos para el desarrollo del ensayo de proctor modificado

DESCRIPCIÓN	MÉTODO A	MÉTODO B	MÉTODO C
Molde	101.6 mm (4 pulg)	101.6 mm (4 pulg)	152.4 mm (6 pulg)
Material	Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4	Se emplea el que pasa por el tamiz 3/8"	Se emplea el que pasa por el tamiz 3/4"
Número de capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56
Uso	20% o menos es retenido por el tamiz N° 4	Más del 20% del material es retenido por el tamiz N°4 y 20% o menos es retenido por el tamiz N° 3/8".	Más del 20% del material es retenido por el tamiz de 3/8" y menos de 30% es retenido por el tamiz de 3/4".

Fuente: Elaboración propia

## e.5) Materiales y herramientas

Apisonador
Molde cilindrico de compactación de 6"
Enrasador
Tamices
Cuchara
Cuchillo
Depositos
Capsulas
Balanza
Estufa

## e.6) Muestra

“La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg y para el Método C es aproximadamente 29 kg de suelo seco”. [9]

Para nuestro caso se ha empleado el método C.

## e.7) Procedimiento

- Se efectúa según el método C en laboratorio, y en primer lugar se toma una muestra seca y se pasa por el tamiz N° 4. Luego se mezcla esta muestra con un porcentaje de agua, dependiendo este porcentaje del óptimo contenido de humedad y finalmente mezclándolo uniformemente.
- Una vez mezclado uniformemente se procede a ensamblar el collar al molde y luego compactar la muestra de suelo en 5 capas, luego se dan 56 golpes por cada una de ellas; los golpes dados por el apisonador se distribuyen buscando la uniformidad en toda la superficie que se compacta.
- La altura de caída del pistón del proctor modificado es de 18” o 457 mm hasta el enrase de la muestra, se debe asegurar antes de realizar los golpes que el molde se encuentre en una superficie plana y lo suficientemente resistente para soportar los golpes generados por el pistón.
- Una vez compactada las 5 capas dando los golpes respectivos en cada

una de ellas se procede a retirar el collar del molde y luego enrasar la muestra para finalmente tapar los pequeños huecos que quedan producto de desmoldar el collar.

- Luego se procede a pesar el molde con la muestra, para después extraer una fracción de muestra del molde para hallar su contenido de humedad.

#### e.8) Cálculo

Para calcular un punto de la curva de contenido de humedad vs densidad seca se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{DENSIDAD HUMEDA} = \frac{W_{\text{molde + suelo}} - W_{\text{suelo}}}{V_{\text{volumen de molde}}}$$

$$\text{DENSIDAD SECA} = \frac{\text{Densidad Humeda}}{(1 + w)}$$

#### f) California Bearing Ratio (CBR)

##### f.1) Objetivos

El objetivo principal de este ensayo es determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo y determinar si es apta para ser usada como subrasante, subbase y base en pavimentos.

##### f.2) Referencia normativa

AASHTO T 193 – ASTM D 1883

##### f.3) Procedimiento

- Se realiza todo el procedimiento previamente mencionado para proctor modificado. Finalmente se pesa el molde y se obtiene el peso unitario del suelo.
- Se coloca un papel filtro asegurando que esté en contacto con el suelo cuando se invierta la muestra, posteriormente se asegura el molde.
- Se deja saturando las muestras.

- Luego se coloca la muestra en el equipo de compresión, en la cual deberemos asegurar el asentar el pistón con una carga menor a 4.5 kg.
- Finalmente se registran las del deformímetro de carga y se extraen dos fracciones de muestra del molde para determinar su contenido de humedad.

#### 3.4.3.6. Muestras alteradas

Se define como aquella muestra que parte de ella o toda no se conserva las condiciones naturales o la estructura del mismo estrato debido a una alteración que poseía in situ y se ha perdido.

“Típicamente son sacadas usando barrenos perforantes, o en las excavaciones a tajo abierto. A causa de estos procesos el material extraído pierde en parte sus propiedades iniciales. Sirven, para una clasificación geológica y geotécnica del suelo.” [11]

#### 3.4.3.7. Resultado de los ensayos efectuados

Tabla 38 Análisis granulométrico

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	ANALISIS GRANULOMETRICO	
			Pasa tamiz N° 40	Pasa tamiz N° 200
C-01	M1	0.20 m- 1.50 m	65.22	45.12
C-02	M1	0.20 m- 1.50 m	37.5	27.74
C-03	M1	0.20 m- 1.50 m	90.8	76.05
C-04	M1	0.20 m- 1.50 m	96.53	76.08
C-05	M1	0.20 m- 1.50 m	98.11	75.45
C-06	M1	0.20 m- 1.50 m	96.78	39.83
C-07	M1	0.20 m- 1.50 m	97.42	75.9
C-08	M1	0.20 m- 1.50 m	92.55	76.95
C-09	M1	0.20 m- 1.50 m	93.3	79.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	SUCS	AASHTO
			SIMBOLO	GRUPO
C-01	M1	0.20 m- 1.50 m	SC	A-6 (3)
C-02	M1	0.20 m- 1.50 m	SC	A-2-6 (1)
C-03	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-6 (12)
C-04	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-4 (8)
C-05	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-4 (8)
C-06	M1	0.20 m- 1.50 m	SC	A-4 (1)
C-07	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-4 (8)
C-08	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-6 (12)
C-09	M1	0.20 m- 1.50 m	CL	A-6 (11)

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26 Límites de Atterberg

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	LÍMITES DE ATTERBERG		
			LL	LP	IP
C-01	M1	0.20 m- 1.50 m	28.16	16.8	11.36
C-02	M1	0.20 m- 1.50 m	35.48	19.85	15.63
C-03	M1	0.20 m- 1.50 m	36.16	17.05	16.11
C-04	M1	0.20 m- 1.50 m	23.97	14.14	9.83
C-05	M1	0.20 m- 1.50 m	23.71	14.16	9.55
C-06	M1	0.20 m- 1.50 m	21.53	13.25	8.28
C-07	M1	0.20 m- 1.50 m	23.76	14.69	9.07
C-08	M1	0.20 m- 1.50 m	38.38	18.35	20.00
C-09	M1	0.20 m- 1.50 m	35.16	17.04	18.12

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27 California Bearing Ratio (CBR)

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	CBR 95%
C-01	M1	0.20 m- 1.50 m	9.2
C-02	M1	0.20 m- 1.50 m	10.3
C-03	M1	0.20 m- 1.50 m	7.9
C-04	M1	0.20 m- 1.50 m	7.3
C-05	M1	0.20 m- 1.50 m	7.5
C-06	M1	0.20 m- 1.50 m	10.2
C-07	M1	0.20 m- 1.50 m	8.5
C-08	M1	0.20 m- 1.50 m	9.3
C-09	M1	0.20 m- 1.50 m	9.1

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.3.8. Interpretación de resultados

##### CALICATA: C-1

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por suelos arcillosos con arenas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un SC y en el sistema AASHTO como un A-6 (3). Su CBR al 100% es de 16 y al 95 % es de 9.2. Su máxima densidad seca es de 1.91 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 14.05%.

##### CALICATA: C-2

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por suelos arcillosos con arenas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un SC y en el sistema AASHTO como un A-2-6 (1). Su CBR al 100% es de 18 y al 95 % es de 10.3. Su máxima densidad seca es de 1.93 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 13.91%.

**CALICATA: C-3**

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-6 (12). Su CBR al 100% es de 13 y al 95 % es de 7.9. Su máxima densidad seca es de 1.85 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 14.88%.

**CALICATA: C-4**

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-4 (8). Su CBR al 100% es de 11.8 y al 95 % es de 7.3. Su máxima densidad seca es de 1.80 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 15.26%.

**CALICATA: C-5**

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-4 (8). Su CBR al 100% es de 12.2 y al 95 % es de 7.5. Su máxima densidad seca es de 1.81 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 14.91%.

**CALICATA: C-6**

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por suelos arcillosos con arenas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un SC y en el sistema AASHTO como un A-4 (1). Su CBR al 100% es de 17.5 y al 95 % es de 10.2. Su máxima densidad seca es de 1.95 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 13.03%.

**CALICATA: C-7**

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro,

identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-4 (8). Su CBR al 100% es de 13.8 y al 95 % es de 8.5. Su máxima densidad seca es de 1.83 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 14.32%.

#### CALICATA: C-8

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-6 (12). Su CBR al 100% es de 15.2 y al 95 % es de 9.3. Su máxima densidad seca es de 1.82 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 15.24%.

#### CALICATA: C-9

Entre los niveles 0.20 – 1.50 m de profundidad el estrato se encuentra representado por arcillas de mediana plasticidad y consistencia media, de color marrón oscuro, identificado en el sistema SUCS como un CL y en el sistema AASHTO como un A-6 (11). Su CBR al 100% es de 14.9 y al 95 % es de 9.1. Su máxima densidad seca es de 1.84 gr/cm<sup>3</sup> y posee un óptimo contenido de humedad es de 14.60%.

### 3.4.4. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

#### 3.4.4.1.Generalidades

- Objetivo

Este estudio tiene como objetivo desarrollar el levantamiento topográfico de la zona del proyecto donde se realizará el proyecto de tesis denominado: “ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACION DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERIMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRICOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020”.

- Ubicación

Departamento: Lambayeque

Provincia: Chiclayo

Distrito: La Victoria

- Altitud de la zona

La topografía vista de manera general del distrito de La Victoria representa a una zona con pendientes levemente pronunciadas, además se sabe que presenta una altitud promedio de 30 msnm.

- Infraestructura existente

La infraestructura que se pudo observar en la zona existente está comprendida por casas de material noble y también de adobe, cuenta con veredas, se encontró cierta aglomeración de desmonte en una parte de la zona del proyecto, cuenta con postes de luz, no cuenta con pavimento en su totalidad y además en la parte sur de la zona cuenta con un canal divisorio entre la parte urbana y los terrenos agrícolas.

- Fecha de ejecución

19 de abril del 2021

#### 3.4.4.2. Reconocimiento de campo

En el reconocimiento de campo para el desarrollo de este estudio se pudo observar que las calles no contaban con pavimentación, además se identificó puntos claves para el inicio de este trabajo, asimismo se identificó los buzones existentes con la ayuda del plano de alcantarillado de la zona de estudio. Este estudio tiene como finalidad obtener información cuantitativa que represente la configuración y detalles del terreno. Para lograr la finalidad de este estudio y poder registrar la información necesaria que represente la morfología de la zona se han tomado punto como los siguientes: buzones, esquinas de cuadras, filos de veredas, postes, compuertas, etc.

#### 3.4.4.3. Equipo de topografía

##### a) Equipos

- 02 receptor GPS Leica modelo GS18
- 01 modulo E/S para sostener el receptor y envío de información por USB.
- 01 antena geodésica
- 01 base para sostener el receptor sobre trípodes

- 01 cinta métrica GPS para medición de altura de Antena
  - 01 software GNSS, geodésico
  - 01 cargador universal
  - 01 cable USB
- b) Personal
- 01 topógrafo
  - 02 ayudantes
- c) Herramientas
- Estacas
  - Marcadores

#### 3.4.4.4. Levantamiento topográfico

Hecho el reconocimiento de campo en el cual se indaga, analiza y se plantea una metodología más apropiada para el trabajo de campo de este estudio.

- a) Georreferenciación y monumentación de la ubicación puntual en donde se va a estacionar permanentemente durante todo el periodo que dure el levantamiento del receptor GPS marca Leica modelo GS18.

Ilustración 28 Estacionamiento del receptor estático en un punto permanente



Fuente: Elaboración propia

- b) Realizada la habilitación del receptor estático en el lugar permanente seguimos por marcar puntos por toda la zona del proyecto con el receptor dinámico permaneciendo el tiempo necesario para tomar la lectura del punto tomado. Se tomaron 5 puntos por cada sección transversal. El equipo utilizado cuenta con corrección por error de inclinación, la ficha técnica del equipo utilizado se adjuntará en los anexos.

Ilustración 29 Toma de información con el receptor dinámico en la calle Inca Yupanqui



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30 Toma de información con el receptor dinámico en la calle Manuel Mesones Muro



Fuente: Elaboración propia

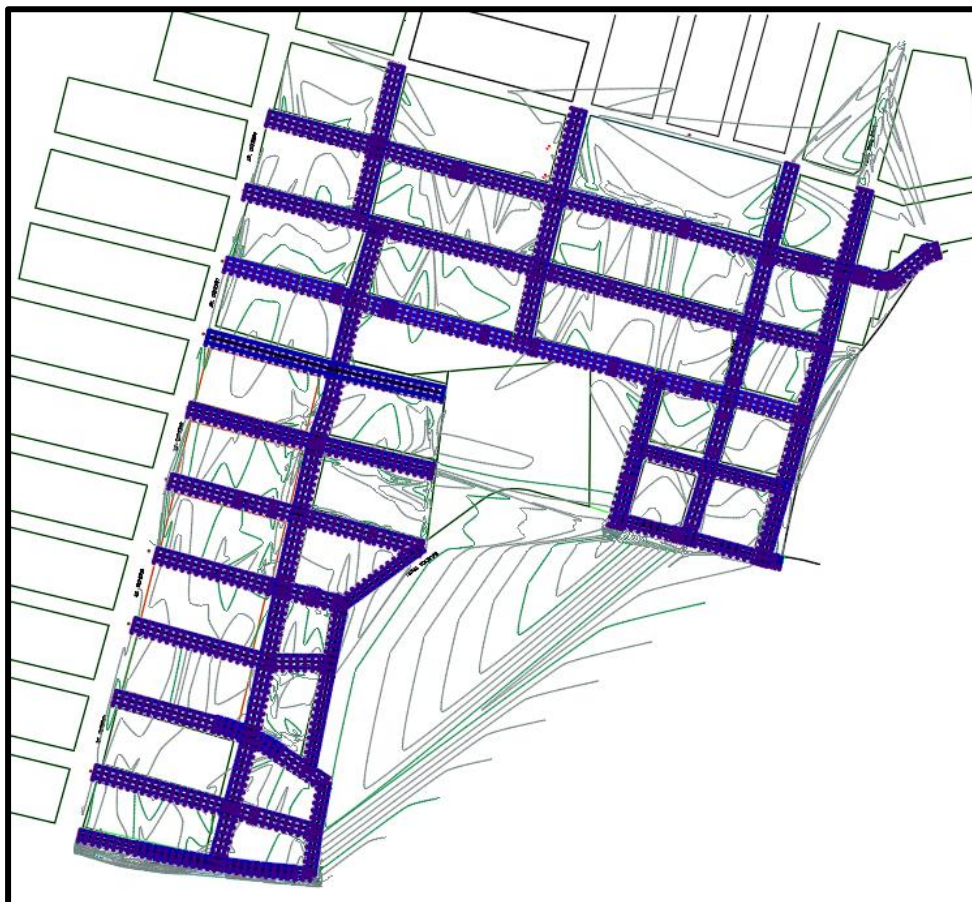
Ilustración 31 Toma de información con el receptor dinámico en la calle 7 de agosto



Fuente: Elaboración propia

- c) Siguiendo el procedimiento anterior se culminaron todos los puntos que fueron necesarios para el levantamiento topográfico, se tomaron en total 2330 puntos y registrando 4 BM's dentro de la zona del proyecto.

Ilustración 32 Plano en planta con referenciación de las calles a pavimentar en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN

#### 3.4.5.1. Pavimento flexible

##### 3.4.5.1.1. AASHTO 93

###### a) Estudio de tráfico (ESAL)

Para el diseño de una carretera de alto o bajo tránsito el estudio de tráfico debe estar expresado en el número de repeticiones en ejes equivalentes (ESAL) de 18 kips (8.6 ton=80KN) durante el periodo de diseño.

En nuestro caso ya se ha realizado el cálculo correspondiente del ESAL en el estudio de tráfico y el resultado fue 157 176 el cual sobrepasa al mínimo (100 000) y por lo que se procede a diseñar con el mayor.

b) Confiabilidad (R)

Refleja la probabilidad de certeza con la que se desarrolla el diseño del pavimento, para que este se desempeñe y cumpla sus funciones satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante todo su periodo de diseño.

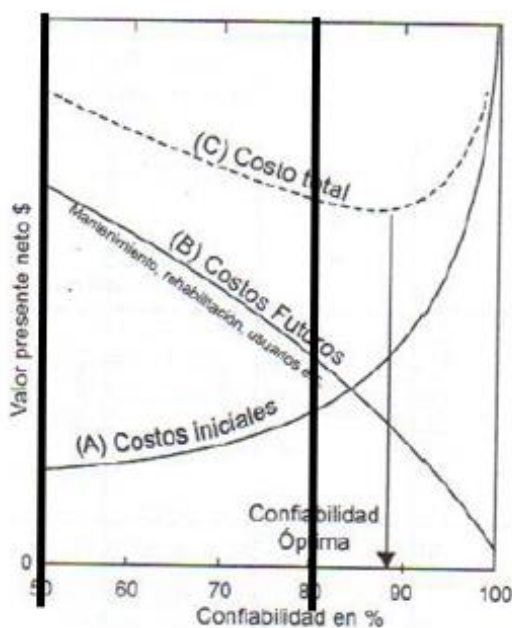
Tabla 40 Niveles de confiabilidad sugeridos por AASHTO

Clasificación funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbana	Rural
Interestatales y otras vías expresas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Vías colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

La confiabilidad es inversamente proporcional a los costos futuros y directamente proporcional a los costos iniciales. La mejor opción para determinar el nivel de confiabilidad es realizar una evaluación del costo total durante el ciclo de vida del pavimento. Los niveles de confiabilidad que se pueden tomar para nuestro proyecto son de 50 a 80, sabiendo esto determinaremos con el siguiente gráfico cual es nivel óptimo de confiabilidad entre esos rangos.

Ilustración 33 Relación entre la confiabilidad y el valor presente



Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

Del gráfico anterior podemos determinar que el nivel óptimo de confiabilidad entre esos rangos de nivel de confiabilidad es de 80%, siendo esta la que representa un menor costo total. Esto significa que un 20% del tramo pavimentado presentará una serviciabilidad menor al previsto. De tal manera se concluye que si el nivel de confiabilidad también aumenta los espesores de las capas de la estructura de pavimento.

c) Coeficiente estadístico de desviación estándar ( $Z_r$ )

Cuando se ha determinado el nivel de confiabilidad que se pretende alcanzar en el diseño, se deberá transformar en términos de la desviación estándar normal ( $Z_r$ ) que representa el valor de la confiabilidad que se requiere en el diseño para un conjunto de datos de distribución normal, con la siguiente tabla:

Tabla 41 Valores de ZR para diversos grados de confiabilidad en la curva normal

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

Sabiendo que se ha elegido un (R) de 80% corresponde un ZR de -0.841.

d) Desviación estándar combinada ( $S_o$ )

“Este valor nos muestra la variabilidad esperada del pronóstico del tránsito y de los factores que afectan el comportamiento del pavimento; por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La guía AASHTO aconseja adoptar valores de  $S_o$  comprendidos entre 0.40 y 0.50, para los pavimentos flexibles”. [11]

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se toma para el diseño un  $S_o=0.45$ .

e) Pérdida de Serviciabilidad

Se define como el confort de circulación que tiene la pista o la vía para servir al usuario, se representa entre los valores de 5 a 0, siendo el 5 la condición ideal y el 0 un estado de deterioro total. Se calcula como:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

Po= Serviciabilidad inicial

Pt= Serviciabilidad final

### Para el valor de índice de serviciabilidad inicial

“Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO’93 estableció (si no se tiene información disponible para diseño) un valor de Po=4.2 para pavimentos flexibles”. [7]

### Para el valor de índice de serviciabilidad final

“Se establece como la condición de la superficie del pavimento que no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario y corresponde al valor más bajo antes de que sea necesario rehabilitar o reconstruir un pavimento”. [7]

En la siguiente tabla se visualizan algunos valores para el Pt para pavimentos urbanos:

Tabla 42 Índice de Serviciabilidad Final (Pt)

Pt	Tipo de vía
3.00	Expresas
2.50	Arterias
2.25	Colectoras
2.00	Locales y estacionamientos

Fuente: Norma CE 0.10 Pavimentos Urbanos [7]

Se tiene una pérdida de serviciabilidad de 2.2 que fue calculado de la siguiente manera:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

f) CBR

Del EMS se tomó el menor CBR de los obtenidos de todas las muestras analizadas en laboratorio, y se concluyó que el CBR de diseño es de 7.3 %.

g) Módulo de resiliencia ( $M_r$ )

“El módulo de Resiliencia es ( $M_r$ ) es un módulo dinámico de medida de elasticidad del suelo de subrasante, en el cual se utilizará la ecuación, que correlaciona con el CBR para su cálculo”. [11]

La fórmula que correlaciona el  $M_r$  y el CBR es la siguiente, según [11]:

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64}$$

$$M_r = 2555 * 7.3^{0.64}$$

$$M_r (psi) = 9118.38$$

$$M_r (ksi) = 9.12$$

## h) Drenaje

“Factor importante en el diseño de pavimentos el cual se obtiene de los valores de los coeficientes  $m_2$  y  $m_3$ , correspondiente a las capas de base y sub-base respectivamente, el método de la AASHTO se basa en los efectos que tiene el drenaje de remover la humedad interna del pavimento”. [11]

Cuando el valor es igual a 1 se interpreta una igualdad de drenaje a las pruebas de AASTHO, los valores que son mayores a este valor se interpretan con condiciones mejores de las que se obtuvieron en dicha prueba de AASTHO.

Para el cálculo del (SN) se requiere de los coeficientes de drenaje de la base y sub base. El coeficiente de drenaje está en función de las siguientes variables:

- Calidad del drenaje
- Tiempo en el periodo de un año, en el que el pavimento está expuesto a condiciones que la aproximan a la saturación

Tabla 43 Calidad de drenaje

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

Fuente: AASHTO 93 [24]

De la tabla anterior se asume que el drenaje tanto para base y sub base tendrá una calidad de regular o mediano.

Es necesario establecer la calidad de drenaje para poder valorar el coeficiente de drenaje de ambas capas con el siguiente cuadro que además de esa variable también depende del tiempo en el que la estructura está expuesta a condiciones cercanas a la saturación.

Tabla 44 Valores recomendados de coeficiente de drenaje para bases y sub bases no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DEL 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	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

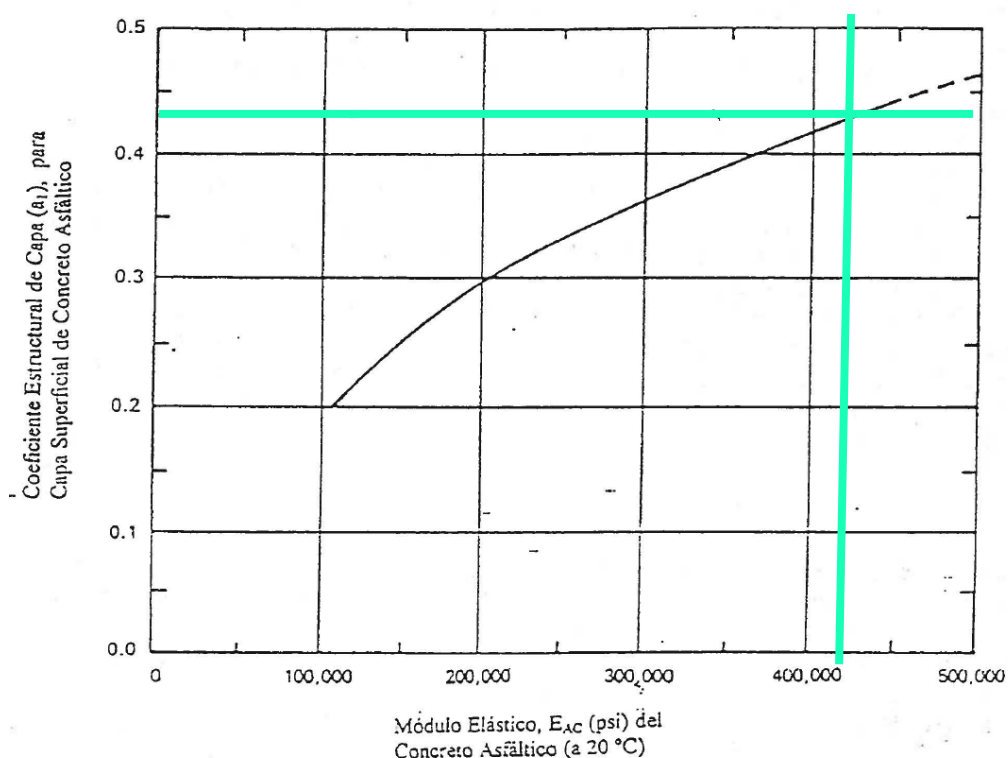
De la tabla anterior, considerando un drenaje regular y el tiempo de exposición a niveles de humedad próxima a saturación de 1% - 5% tenemos que el coeficiente de drenaje para ambas capas se encuentra entre 1.05 y 1.15 adoptando para nuestro diseño un valor de 1.05.

- i) Coeficientes estructurales de cada capa

**Capa superficial de concreto asfáltico:**

Teniendo un módulo de elasticidad de 420 000 psi se obtuvo un valor de  $a_1=0.43$  de la siguiente ilustración:

Ilustración 34 Carta para la estimación del coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico de gradación densa en el módulo elástico

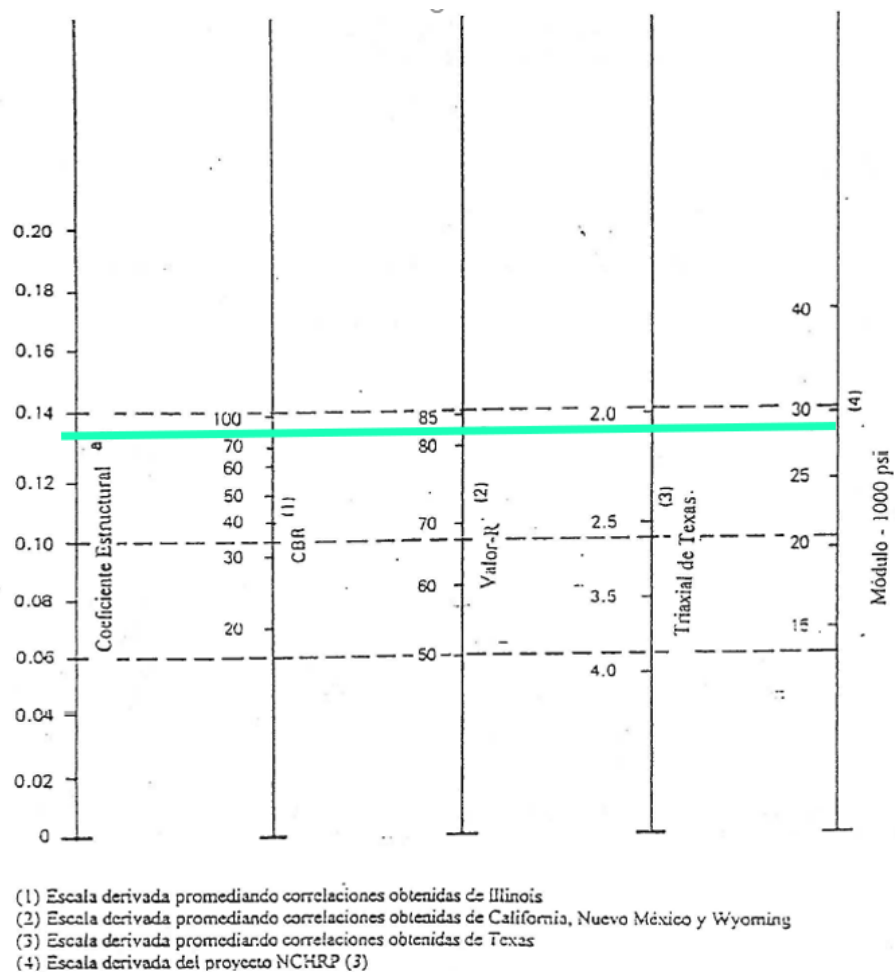


Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

**Capa de base granular:**

Teniendo un valor de CBR de la base de 80%, se obtuvo los valores de  $a_2=0.135$ , de  $M_r = 28000$  psi y de  $R=83\%$  de la siguiente ilustración:

Ilustración 35 Variación en el coeficiente estructural de capa base (a<sub>2</sub>) con diferentes parámetros de resistencia

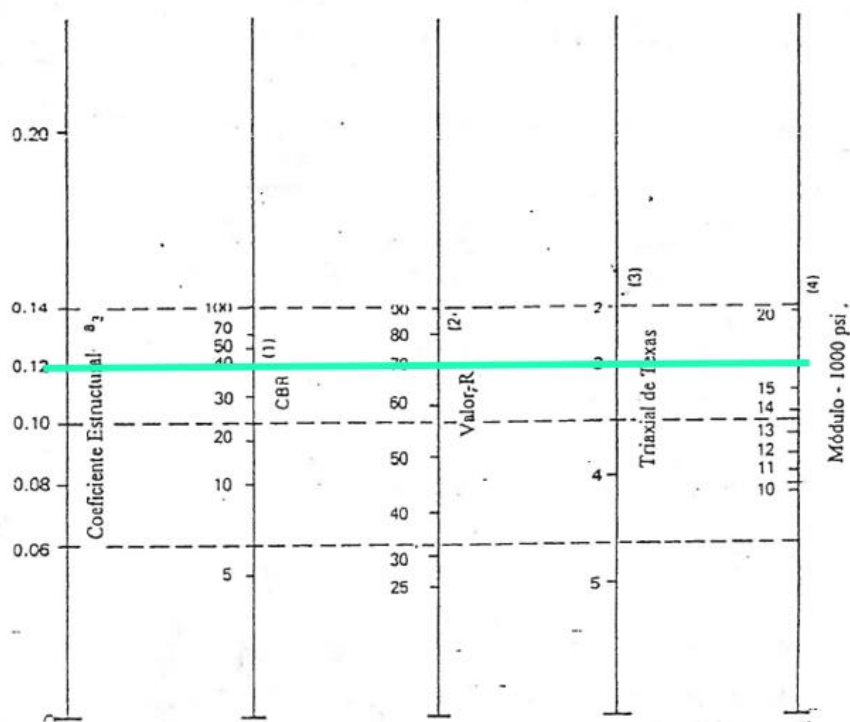


Fuente: AASHTO 93 [24]

### Capa de sub base granular:

Teniendo un valor de CBR de la subbase de 40%, se obtuvo un valor de  $a_2=0.12$ , de  $M_r = 16\,000$  psi y de  $R=70\%$  de la siguiente ilustración:

Ilustración 36 Variación en el coeficiente estructural de capa de subbase granular  
(a3) con diferentes parámetros de subbase



- (1) Escala derivada de las correlaciones obtenidas de Illinois  
 (2) Escala derivada de las correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming  
 (3) Escala derivada de las correlaciones obtenidas de Texas  
 (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (J)

Fuente: AASHTO 93 [24]

### Resumen de coeficientes estructural de cada capa:

Carpeta asfáltica	$a_1 = 0.43$
Base granular	$a_2 = 0.135$
Sub base granular	$a_3 = 0.12$

#### j) Cálculo del número estructural

El cálculo del número estructural se realizó mediante el programa AASTHO 93, el programa resuelve la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R S_D + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log (M_R) - 8.07$$

Por lo que se requiere ingresar al programa los siguientes datos de entrada:

Tabla 45 Datos de entrada al programa AASHTO 93 para el cálculo del SN

ESAL=	157176
Confiabilidad (R) =	0.8
Desviación estándar normal (Zr) =	-0.841
Desviación Estándar (So)=	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)=	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)=	2
PSI=	2.2
Mr Base=	28500.00 psi
Mr Sub Base=	16000.00 psi
Mr Sub Rasante=	9118.38 psi

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrarán capturas del cálculo los números estructurales de cada capa con el programa “Ecuación AASHTO 93” ingresando los datos previamente mencionados:

- **SN1:**

Ilustración 37 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu shows '80 % Zr=-0.841' and a text box shows 'So' as '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' (28500 psi).
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. All are currently empty.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 157176'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 1.38', which is highlighted with a red box.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons are at the bottom.

Fuente: Programa “Ecuación AASHTO 93”

- SN2:

Ilustración 38 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica y base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80 % Zi=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' is set to 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is set to 'Mr = 16000 psi'. The 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', and the 'Número Estructural' is calculated as 'SN = 1.75'. The 'W18' value is 157176. Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are visible at the bottom.

Fuente: Programa “Ecuación AASHTO 93”

- SN3:

Ilustración 39 Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica, base y sub base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' is set to '80 % Zi=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' is set to 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is set to 'Mr = 9118.38 psi'. The 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', and the 'Número Estructural' is calculated as 'SN = 2.17'. The 'W18' value is 157176. Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are visible at the bottom.

Fuente: Programa “Ecuación AASHTO 93”

## k) Espesores mínimos

En la siguiente tabla se presentan los espesores mínimos propuestos por la guía AASHTO. Teniendo en cuenta que nuestro ESAL es igual a 157 176 se determinan los siguientes espesores mínimos para concreto asfáltico y base granular.

Tabla 46 Espesores mínimos recomendados de capa superficial y base granular según el ESAL de diseño

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm

Fuente: Guías de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93 [24]

## l) Cálculo de espesores de capa

La información que se requiere para comenzar a realizar el cálculo de los espesores se muestra a continuación:

Tabla 47 Información necesario para el cálculo de espesores de cada capa AASHTO flexible

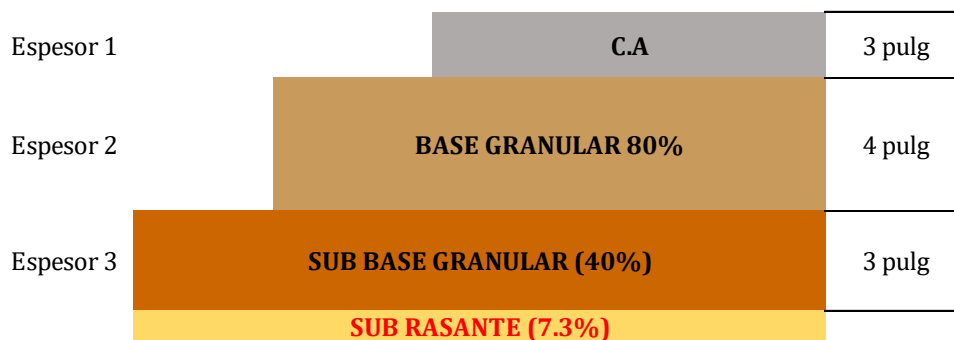
SN1=	1.38	a1=	0.43	m2=	1.05
SN2=	1.75	a2=	0.135	m3=	1.05
SN3=	2.17	a3=	0.12		

Fuente: Elaboración propia

## m) Resultados preliminares

## Alternativa 1:

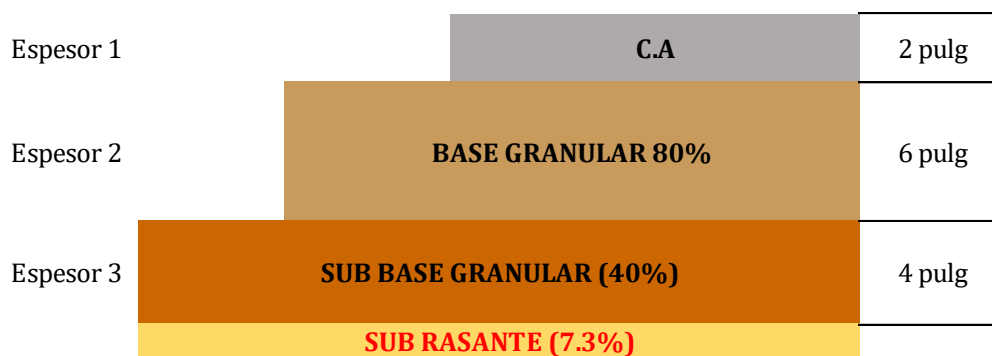
Según el cálculo de los espesores se obtuvieron los valores máximos siguientes:



SNT requerido=	2.17
SNT corregido=	2.24
	<b>CORRECTO</b>

## Alternativa 2:

Considerando los espesores mínimos recomendados por el MTC, para capa asfáltica de 2'' y para base granular de 6'':



SNT requerido=	2.17
SNT corregido=	2.21
	<b>CORRECTO</b>

## n) Resultado final

Tomando como referencia los resultados preliminares se determina un resultado final, respetando los valores mínimos recomendados por el MTC, asegurando que el número estructural corregido sea mayor al requerido.

Ilustración 40 Espesores finales según la metodología AASTHO - flexible

Esesor 1	C.A	2 pulg	5 cm	CORRECTO
Esesor 2	BASE GRANULAR 80%	6 pulg	15 cm	CORRECTO
Esesor 3	SUB BASE GRANULAR (40%)	6 pulg	15 cm	CORRECTO
	SUB RASANTE (7.3%)			

SNT requerido=	2.17
SNT corregido=	2.47
	<b>CORRECTO</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5.1.2. INSTITUTO DEL ASFALTO

#### a) Generalidades

“El método considera al pavimento como un sistema elástico de varias capas y para su análisis se emplean conceptos teóricos y experimentales, así como datos de ensayos y un programa de computador, sin embargo, con el objeto de simplificar el método el Instituto del Asfalto, después de varias corridas de su programa, obtuvo una serie de gráficas que permiten la aplicación del método en forma rápida y sencilla”. [25]

“Los espesores y características de las diversas capas de la estructura, se determinan de tal forma que se cumplan dos condiciones básicas: que las deformaciones por tracción producidas en la fibra inferior de las capas asfálticas y las deformaciones verticales por compresión en la parte superior de la subrasante no superen los valores admisibles”. [25]

#### b) Variables necesarias para el diseño

Las variables de diseño son las empleadas en la metodología de diseño AASHTO 93 anteriormente realizada. A continuación, se muestra en el siguiente cuadro resumen las variables que se requiere para esta metodología:

Tabla 48 Variables necesarias para desarrollar la metodología del Instituto del Asfalto para el diseño de pavimentos flexibles

<b>CBR SUB RASANTE</b>	7.3%
<b>ESAL (EE)</b>	157176.00
<b>Mr (psi)</b>	9118.38
<b>Mr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	641.09
<b>a1</b>	0.43
<b>a2</b>	0.135
<b>a3</b>	0.12

Fuente: Elaboración propia

### c) Requisitos de calidad de la base y sub base granular

Se recomienda que los materiales de las capas granulares (base y sub base) cumplan con los siguientes requisitos durante las distintas pruebas que se las realicen.

Tabla 49 Requisitos de calidad de las capas granulares

Ensayo	Requisitos de los ensayos	
	Subbase granular	Base granular
CBR mínimo, ó R mínimo	20 55	80 78
L.L. máximo	25	25
I.P. máximo	6	NP
Equivalente de arena, mínimo	25	35
% No. 200, máximo	12	7

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras [25]

### d) Espesor mínimo de concreto asfáltico

Estos valores de espesores mínimos de concreto asfáltico se encuentran en función del ESAL de diseño y se subclasifica en: bases estabilizadas con emulsión asfáltica y bases granulares sin estabilizar.

Tabla 50 Espesor mínimo de concreto asfáltico para bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Bases estabilizadas con emulsión asfáltica	
Nivel de tránsito (m)	Espesores mínimo sobre bases Tipos II y III* (cm)
10 <sup>4</sup>	5.0
10 <sup>5</sup>	5.0
10 <sup>6</sup>	7.5
10 <sup>7</sup>	10.0
>10 <sup>7</sup>	12.5

\* Sobre las bases de Tipo II y III puede colocarse una del Tipo I y un tratamiento superficial en lugar del concreto asfáltico.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras [25]

Tabla 51 Espesor mínimo de concreto asfáltico para bases granulares sin estabilizar

Bases de tipo granular		
Nivel de tránsito (N)	Condición de tránsito	Espesor mínimo de concreto asfáltico cm
≤ 10 <sup>4</sup>	Vías de tránsito liviano	7.5*
10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	Vías de tránsito medio	10.0
≥ 10 <sup>6</sup>	Vías de tránsito medio a pesado.	12.5

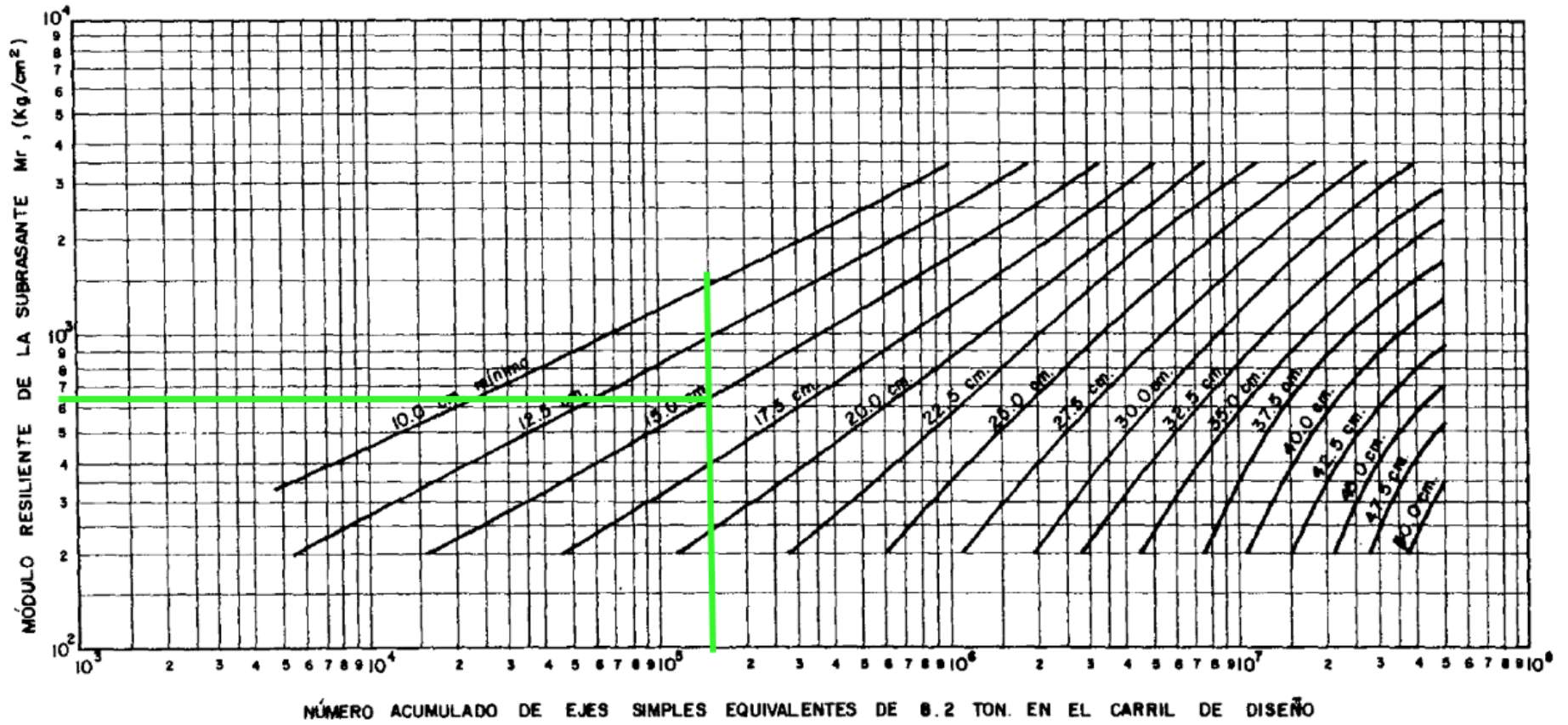
\* Para pavimentos con espesor pleno de concreto asfáltico o con base estabilizada con emulsión asfáltica, se requiere un espesor mínimo de 10 cm para esta clase de tránsito, tal como se indica en las gráficas de diseño.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras [25]

### e) Determinación de los espesores de diseño

Se procede a calcular los espesores de diseño con los parámetros calculados previamente utilizando el diagrama de diseño para espesor en pleno de concreto asfáltico. Este diagrama depende de ESAL y del módulo resiliente (Mr) de la subrasante.

Ilustración 41 Cálculo del espesor de concreto asfáltico en pleno según el diagrama del INSITUTO DEL ASFALTO

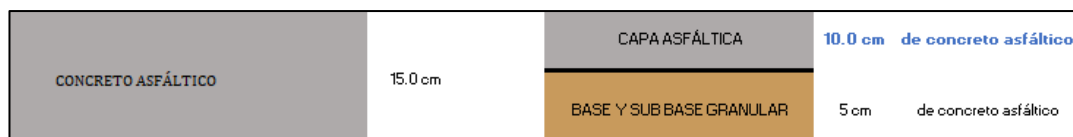


Fuente: Elaboración propia

Se sabe que para nuestro caso corresponde un espesor mínimo de carpeta asfáltica de 10 cm o el equivalente que sería 4'' según lo mencionado anteriormente.

Teniendo en cuenta que el espesor de concreto asfáltico en pleno resulto 15 cm mediante el diagrama del Instituto del Asfalto, se adopta el mínimo de 10 cm de la carpeta asfáltica y el restante de 5 cm en concreto asfáltico para las capas de base y sub base granular.

Ilustración 42 Espesor en concreto asfáltico de las distintas capas



Fuente: Elaboración propia

Sabiendo que existe 5 cm de concreto asfáltico que pertenecen a la base y sub base granular se procede a realizar una equivalencia con los coeficientes estructurales hallados en la metodología AASHTO 93. Los valores correspondientes de dichos coeficientes son:

$$a_1 = 0.43$$

$$a_2 = 0.14$$

$$a_3 = 0.12$$

Se asume una capa estructural para la base granular de 10.00 cm ya que es el espesor mínimo que corresponde según su número de ejes equivalentes. Asumiendo eso se realiza la conversión de esos 10 cm de base granular a un equivalente en cm de concreto asfáltico, el resultado fue 3.14 cm de concreto asfáltico. La cantidad restante es de 1.86 cm de concreto asfáltico que son para la sub base, sabiendo esto se realiza la conversión de cm de concreto asfáltico a cm de sub base granular, resultando un equivalente de 7 cm.

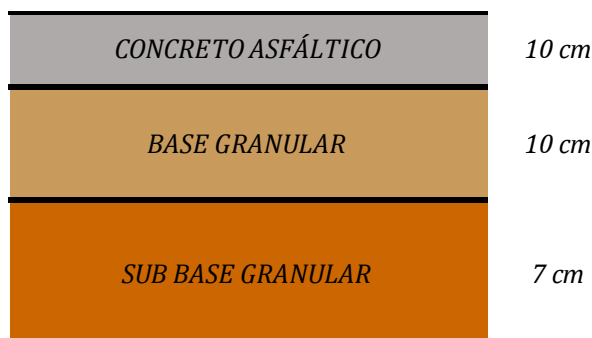
$$\frac{a_1}{a_2} = 3.19$$

$$\frac{a_1}{a_3} = 3.58$$

BASE GRANULAR	3.14 cm 10.00 cm	CONCRETO ASFALTICO DE SUB BASE GRANULAR
SUB BASE GRANULAR	1.86 cm 6.67 cm	CONCRETO ASFALTICO DE SUB BASE GRANULAR

Los resultados obtenidos por la metodología del instituto del asfalto fue la siguiente:

Ilustración 43 Espesores de cada capa estructural según el diseño Instituto del Asfalto



Fuente: Elaboración propia

#### f) Determinación de los espesores finales

Para determinar los espesores finales de diseño resulta necesario comparar los espesores mínimos admisibles. Debido a que nuestro ESAL es de 157 176 se usó los siguientes valores mínimos recomendados para el tráfico Tp1.

Ilustración 44 Valores de espesores mínimos recomendados para pavimentos flexibles

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpetas Asfálticas en Frio: 50mm Carpetas Asfálticas en Caliente: 50mm	150 mm
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpetas Asfálticas en Frio: 60mm Carpetas Asfálticas en Caliente: 60mm	150 mm
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpetas Asfálticas en Frio: 60mm Carpetas Asfálticas en Caliente: 70mm	150 mm

Fuente: MTC [11]

Ilustración 45 Espesores finales según la metodología Instituto del Asfalto

CONCRETO ASFÁLTICO	10 cm	4"
BASE GRANULAR	15 cm	6"
SUB BASE GRANULAR	15 cm	6"

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5.2. Pavimento intertrabado

#### 3.4.5.2.1. ICPI

Para el diseño de esta metodología de pavimentos intertrabados o semirrígidos se debe determinar lo siguiente: medio ambiente, resistencia de la Sub-Rasante, Tráfico expresado en ejes equivalente (ESAL) y los materiales del pavimento. El determinar los factores previamente mencionados permitirá obtener el espesor y al material utilizado en el pavimento.

##### a) Medio ambiente

La humedad y la temperatura son factores muy relacionados con el pavimento.

En cuanto a la humedad mantiene una relación inversamente proporcional con la resistencia o con la consistencia de la base, en algunos tipos de suelos provoca cambios volumétricos significativos que pueden perjudicar a la estructura del pavimento.

Las temperaturas que son muy frías (bajo 0°C), y los cambios bruscos de temperatura presentan efectos negativos en el pavimento.

A continuación, se presentan alternativas para disminuir o eliminar estos efectos perjudiciales previamente mencionados.

- Evitar el ingreso de agua a la base granular del pavimento, mediante un drenaje superficial.

- Eliminar la humedad antes de que perjudique al pavimento.
- Cumplir con las especificaciones del MTC vigentes con respecto a los materiales a utilizar en la estructura del pavimento.
- Mejorar los suelos que se encuentran propensos a heladas y cambios de temperatura.

b) Tráfico expresado en ejes equivalente (ESAL)

El periodo de diseño con el cual se realizó el cálculo del número de ejes equivalentes es de 20 años, el resultado de nuestro ESAL fue de 157 176, para esta metodología existen tablas que recomiendan espesores mínimos según el ESAL de diseño, está limitado hasta un ESAL de 15 000 000. Pero si el proyectista desea realizar un proyecto que sobrepase esa cantidad deberá proponer un diseño previa justificación técnica.

Tabla 52 Valores recomendados de espesores mínimos de adoquín de concreto y de cama de arena

Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Cama de Arena
≤ 150000		Adoquin Concreto 60 mm	40 mm
150001	7500000	Adoquin Concreto 80 mm	40 mm
7500001	15000000	Adoquin Concreto 100 mm	40 mm

Fuente: MTC [11]

La siguiente tabla nos permite asumir un espesor inicial de la base granular según el ESAL de diseño.

Tabla 53 Valores recomendados de espesores mínimos para base granular

Capa	Espesor	Ejes equivalentes	Factor Conv
Base	100 mm	< 500000 EE	1.75
Granular	150 mm	> 500000 EE	
<b>*Capa estabilizada</b>			
Asfalto	75 mm	-	3.40
Cemento	100 mm	-	2.50

Fuente: MTC [11]

## c) Resistencia de la Sub-Rasante

Se debe que el CBR del suelo no sea menor de 6 % como lo indica el MTC, de lo contrario se tendrá que realizar una estabilización o el reemplazo del suelo. Para nuestro caso el CBR de diseño es de 7.3 % siendo este valor categorizado como subrasante regular.

Tabla 54 Categorías de subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC [11]

## d) Sección transversal de pavimentos intertrabados

“Los pavimentos de adoquines intertrabados se construyen de tal manera que las cargas verticales de los vehículos se transmitan a los adoquines intertrabados adyacentes por corte a través de la arena de sello de las juntas. Procedimiento de diseño con base granular”. [7]

Existen pavimentos intertrabados que están conformados tanto la base como la sub base por materiales granulares compactados, pero también se puede utilizar bases estabilizadas con cemento o asfalto. Para nuestro caso se realizará el diseño con base granular compactada.

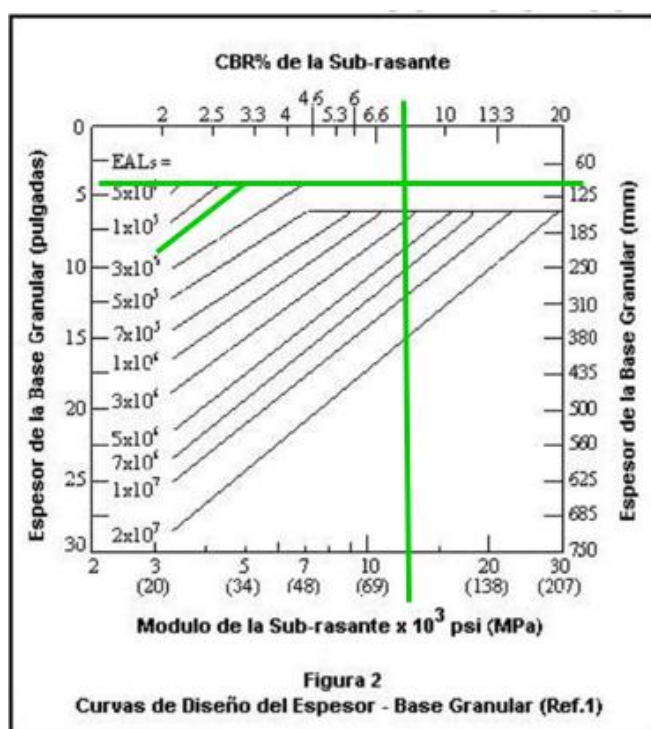
## e) Diseño de pavimento intertrabado con base granular compactada

Se tienen los siguientes datos:

CBR de la Subrasante =	7.3%	
El estudio de tráfico arrojo un ESAL =	157 176	
Se usará la Base granular =	100 mm	10 cm
Cama de arena =	40 mm	4 cm
Espesor del adoquín =	80 mm	8 cm
Factor de conversión =	1.75	

Teniendo el CBR del suelo y el número de ejes equivalentes de diseño se calcula el espesor total de la base con el siguiente gráfico:

Ilustración 46 Gráfico de diseño de pavimentos articulados de concreto con base granular



Fuente: Elaboración propia (basado en la C.E. 010 de Pavimentos Urbanos) [7]

De la gráfica anterior se obtiene que el espesor total de la base es de 10 cm, este espesor es pequeño debido al número de ejes equivalentes bajo que se tiene en la zona del proyecto. El espesor total (base y sub base) es igual al mínimo espesor de la base por lo que no queda un espesor para realizar una equivalencia y reemplazarlo con material de sub base.

Ilustración 47 Espesores de cada capa estructural según el diseño ICPI

Adoquin	Adoquin	Adoquin	8 cm	3"
Cama de arena			4 cm	1.6"
Base granular			10 cm	4"

Fuente: Elaboración propia

f) Espesores recomendados para pavimentos de adoquín

En la siguiente tabla se muestran los espesores recomendados para pavimento de adoquín con base granular y diseñado con un periodo de 20 años. Dicha tabla está en función del número de ejes equivalentes y del CBR de la subrasante.

Ilustración 48 Catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular para un periodo de diseño de 20 años

EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
	75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR < 6%								
> 6% CBR < 10%								
> 10% CBR < 20%								

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC [11]

g) Determinación de los espesores finales

Debido a que los espesores recomendados por el Manual de Carreteras de la base son de mayor magnitud que los espesores calculados se asume dichos valores como los espesores finales.

Ilustración 49 Espesores finales según la metodología ICPI

Adoquin	Adoquin	Adoquin	8 cm	3"
Cama de arena			4 cm	1.6"
Base granular			28 cm	11"

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5.3. Pavimento rígido

#### 3.4.5.3.1. AASHTO 93

##### a) Generalidades

“El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño”. [11]

“Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado”. [11]

##### b) Periodo de diseño

“El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos rígido será mínimo de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad”. [11]

Para el presente proyecto se ha tomado un periodo de diseño de 20 años.

c) Estudio de tráfico

“Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados ESALs”. [11]

Para el presente proyecto el cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) ya fue calculado el cual resultó igual a 160 013 que sobrepasa al mínimo de 100 000 por lo que nos quedamos con el calculado.

d) Serviciabilidad

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

$P_o$  = Serviciabilidad inicial

$P_t$  = Serviciabilidad final

**Para el valor de índice de serviciabilidad inicial ( $P_o$ )**

AASHTO'93 estableció (si no se tiene información disponible para diseño) un valor de  $P_o = 4.5$  para pavimentos rígidos. [7]

**Para el valor de índice de serviciabilidad final ( $P_t$ )**

El índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ) es igual a 2.0.

Para el diseño del pavimento rígido se tiene una pérdida de serviciabilidad de 2.5 que fue calculado de la siguiente manera:

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

## e) Transferencia de cargas (J)

“Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras. Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas. El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto”. [11]

Tabla 55 Valores de coeficiente de transmisión de carga J

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: MTC [11]

Para el diseño del pavimento rígido de este proyecto se considerará un  $J = 3.8$ .

f) Módulo de rotura ( $M_r$ )

“Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura ( $M_r$ ) esta normalizado por ASTM C – 78”. [11]

Tabla 56 Valores recomendados de resistencia del concreto según el rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO ( $M_r$ )	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $F'c$ )
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
$> 5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: MTC [11]

Según esta tabla se define a la resistencia a compresión del concreto a emplearse en el diseño con un valor de 280 kg/cm<sup>2</sup>. El cálculo del módulo de rotura ( $M_r$ ) se relaciona con la resistencia a compresión mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = a \sqrt{f'c}$$

Según [11], los valores de “a” varían entre 1.99 y 3.18. [11]

$$M_r = 2.59 \sqrt{280}$$

$$M_r = 43.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_r = 616.42 \text{ psi}$$

g) Módulo de elasticidad ( $E_c$ )

AASHTO'93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, precisando la correlación recomendada por el ACI: [11]

$$E = 57\,000x(f'c)^{0.5} \quad ; \quad f'c \text{ en PSI}$$

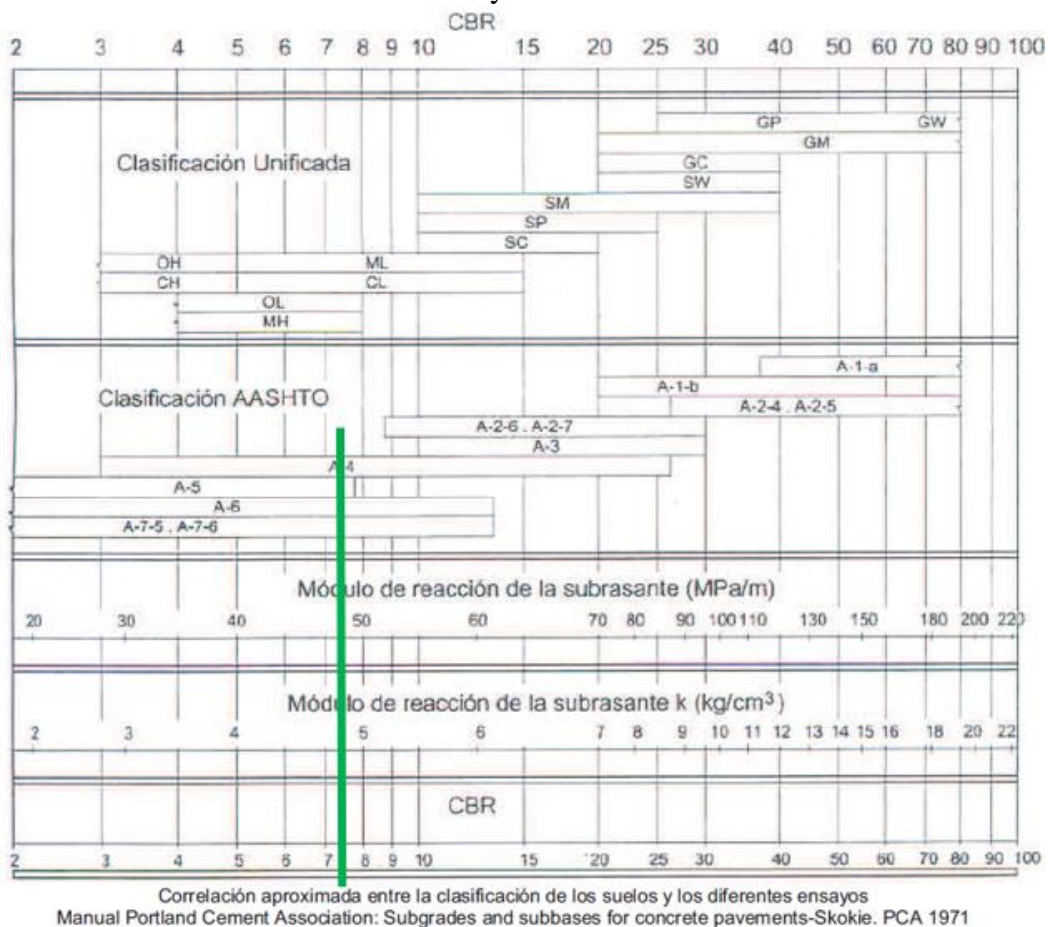
$$E = 57\,000x(3982.524)^{0.5}$$

$$E = 3597112.80 \text{ psi}$$

h) Módulo de reacción del suelo

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos utiliza una alternativa que brinda AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción  $k$  en función de la clasificación de suelos y el CBR; para el efecto se presenta la siguiente figura: [11]

Ilustración 50 Correlación del CBR y el Módulo de reacción de la Subrasante



Fuente: Elaboración propia (basado en la C.E. 010 de Pavimentos Urbanos) [16]

Como nuestro CBR de diseño es de 7.3% se obtuvo según la gráfica un módulo de reacción de la sub rasante (k) de 4.8 kg/cm<sup>3</sup>, 48 Mpa/m o 173.42 psi.

#### i) Drenaje

Los valores recomendados de Cd considerando un drenaje regular y el tiempo de exposición a niveles de humedad próxima a saturación de 1% - 5% se tiene un coeficiente de drenaje entre 1.05 y 1.15 adoptando para nuestro diseño un valor de 1.05

#### j) Desviación estándar (So)

“El rango típico sugerido por AASHTO para pavimentos rígidos está comprendido entre  $0.30 < So < 0.40$ , el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos recomienda un  $So = 0.35$ ”. [11]

### k) Desviación estándar normal (Zr)

Debido a que la confiabilidad según la clasificación funcional tiene valores entre 50 y 80%, se toma para el diseño una confiabilidad de 80%. De tal manera le corresponde una desviación estándar normal (Zr) de -0.841.

### l) Cálculo del espesor de la losa de concreto

Tabla 57 Datos de entrada para el cálculo de espesores

Modulo de reacción del suelo (K)	173.42 psi
Módulo de elasticidad (Ec)	3597112.80 psi
Módulo de ruptura (Mr)	616.42 psi
Transferencia de carga (J)	3.8
Coefficiente de drenaje (Cd)	1.05
Serviciabilidad Inicial (Po)	4.5
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	2.5
Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estandar Normal (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.35
Ejes Equivalentes (W18)	160013

Fuente: Elaboración propia

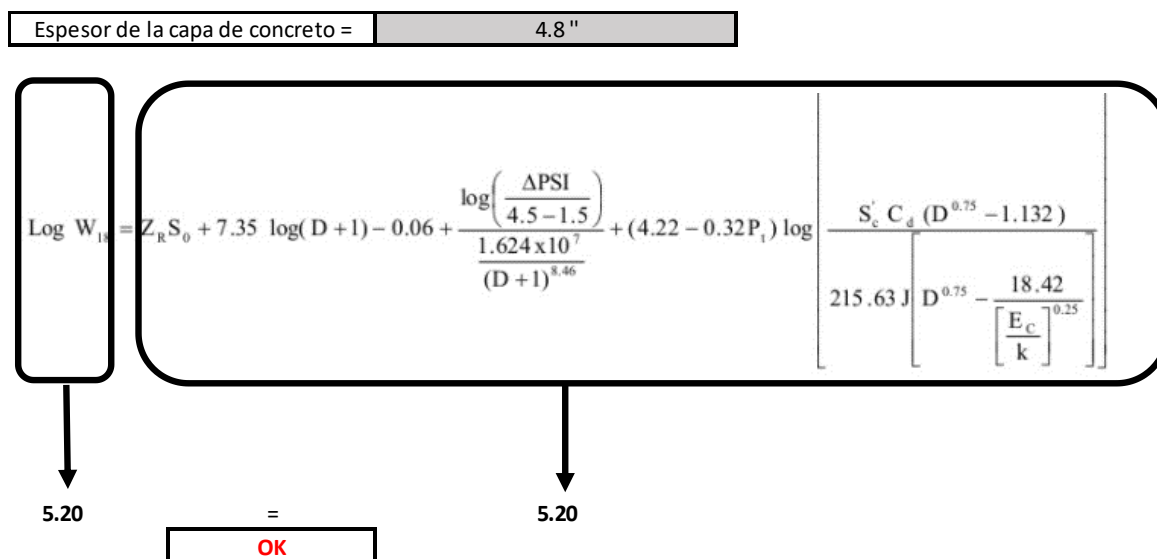
Según desarrolla la siguiente fórmula general de AASHTO para el diseño de pavimento rígido, con los datos obtenidos, en el cual se hallará el espesor de la capa de concreto.

$$\log_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right) + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dc} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}}$$

El desarrollo de la ecuación se realiza mediante una plantilla Excel elaborada en el cual se cambia el espesor de la capa de concreto (D) hasta que ambas partes de la ecuación sean iguales.

Asumiendo un espesor de 15 cm de base granular, el espesor de la capa de concreto (D) que cumple con la ecuación de AASHTO para pavimento rígido es de 4'' como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 51 Espesor de la capa de concreto y la ecuación de AASHTO para pavimento rígido



Fuente: Elaboración propia

**m) Resultado obtenido del cálculo por la metodología de AASTHO-rígido**

Ilustración 52 Espesores calculados según la metodología de diseño AASHTO-rígido

Losa de concreto	13 cm	5 "
Sub base granular	15 cm	6 "

Fuente: Elaboración propia

n) Espesores mínimos recomendados

Ilustración 53 Catálogo de estructuras de pavimento rígido sin pasadores y con bermas de concreto y para un factor J=3.8 para un periodo de diseño de 20 años

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	MR					
< 6%	< 185PCI (52MPa/m)	15cm 	15cm 	17cm 	18cm 	19cm 
> 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)	15cm 	15cm 	17cm 	18cm 	19cm 
> 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)	15cm 	15cm 	16cm 	18cm 	19cm 
	> 279PCI					

Losa de Concreto

Sub-base Granular

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC [20]

### o) Resultados finales

Debido que en el cálculo se obtuvo un espesor menor de la losa de concreto que el recomendado por el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, tomamos para nuestro resultado final el espesor recomendado teniendo como resultado final los espesores mostrados en la siguiente ilustración.

Ilustración 54 Espesores finales según la metodología AASTHO - rígido

<b>Losa de concreto</b>	15 cm	6 "
<b>Sub base granular</b>	15 cm	6 "

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5.3.2. PCA

#### a) Parámetros

Periodo de diseño = 20 años

Espesor tentativo = 6 in

Módulo de rotura 616.42 psi

Dowels = no

Bermas = si

Módulo de la subrasante = 173.42 psi

Espesor de la sub base = 6 in

Factor de seguridad = 1.2

#### b) Procedimiento

Para realizar el presente método se realiza una clasificación de los tipos de vehículos que pasan por la vía, esto se muestra en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	TIPO DE VEHICULO							TOTAL
	Auto	Station wagon	Pick Up	Panel	Rural Combi	Micro	Camión 2E	
TPDS	87	16	12	7	18	3	6	148
TPDA	88	17	12	7	18	3	6	150
% DE VEHICULOS	59%	11%	8%	5%	12%	2%	4%	100%

Luego debemos conocer las cargas que tiene cada eje de cada tipo de vehículo.

Tipos de Vehículos	1er Eje	2do Eje	Carga Total
Auto	1	1	2
Station wagon	1.25	1.25	2.5
Camioneta Pick Up	1.5	1.5	3
Panel	1.5	1.5	3
Combi	2	2	4
Micro	7	11	18
Camión C2	7	11	18

Para el caso del método del PCA se debe tomar en cuenta solo los vehículos más pesados.

Tipos de Vehículos	TPDA (1)	% Vehículos (2)	N° de ejes comerciales por día/carril (1)*(2)*FS*FC
Micro	3	2%	0.06
Camión C2	6	4%	0.24
		TOTAL	0.29

Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Parámetros:

- $Re = NVC = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$
- $TPDA = 150$
- $\%Te = 94$
- $FS = 1$
- $FC = 1$
- $Pd = 2$
- $FCA = 1.3$
- $Re = 134024 \text{ veh/carril de diseño/periodo de diseño}$

Tabla 58 Distribución de vehículos por día y carril de diseño por cada 1000 vehículos

Tipos de Vehículos	N° de ejes comerciales por día/carril (1)*(2)*FS*FC	N° de vehículos comerciales por día/carril/cada 1000 VC(1)*1000/2.98
Micro	0.06	18.7
Camión C2	0.24	79.0
TOTAL	0.29	97.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59 Número de ejes esperados por cada 1000 vehículos comerciales

Tipos de Vehículos	N° de vehículos comerciales por día/carril/cada 1000	N° de ejes cada 1000 vehículos comerciales
		EJE SIMPLE
Micro	18.7	37.35
Camión C2	79.0	157.93
TOTAL	97.64	195.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60 Distribución del número de ejes por cada 1000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje

TON	KN	Eje por cada 1000 Veh. comerciales	N° de ejes en el carril de diseño /periodo de diseño
11	107.91	37.35	5006.21
7	68.67	157.93	21166.82
TOTAL		195.29	26173.03

Fuente: Elaboración propia

Calculando los parámetros requeridos se proceden a ingresar los valores correspondientes en el programa BS- PCA obteniéndose lo siguiente:

Tabla 61 Análisis de erosión y fatiga con el programa BS-PCA

The screenshot shows the BS-PCA software interface with the following data:

**Datos generales:**  
 Proyecto: PAVIMENTACION  
 Descripción:  
 Período de diseño: 20 años  
 Espesor de la losa: 6 in  
 Módulo de rotura: 616.42 psi  
 Dovelas:  Sí  No  
 Bermas:  Sí  No  
 Módulo de reacción de la subrasante (K):  
 Subrasante:  Ingreso directo (K = 173.42 pci)  Correlación con CBR (CBR = )  
 Subbase  
 Espesor: 6 in  
 Sin tratar  Tratada con cemento

**Tránsito:**  
 Factor de seguridad: 1.2  
 Tipo de Ejes: Ejes Simples  
**Ejes Simples kips**

Carga	Repeticiones
18.7000	37.3500
79	157.9300
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

**Barras de anclaje:**  
 Diámetro de barra: 1/2" in  
 Acero (fy): 420 MPa  
 Ancho de carril: 3.05 m

**Análisis:**  
**Calcular**  
 Espesor de losa: 6 in  
 Módulo de rotura: 616.42 psi  
 K del conjunto: 206 pci  
 Período de diseño: 20 años  
**Porcentaje de fatiga: 22135190**  
**Porcentaje de erosión: 1813.92**  
**Recomendación para barras de anclaje:**  
 Longitud: 33 in  
 Separación entre barras: 47 in  
**Recomendación para pasadores (fy=60 ksi):**  
 Longitud: 14 in  
 Separación entre barras: 12 in  
 Diámetro de barras: 0.87 in  
 Análisis de sensibilidad  
 Guardar Abnr  
 TXT Salir

Sistema de unidades:  SI  Inglés

Fuente: reporte final del programa BS-PCA

## c) Espesores de diseño

Ilustración 55 Espesores finales según la metodología PCA

<b>Losa de concreto</b>	15 cm	6 "
<b>Sub base granular</b>	15 cm	6 "

Fuente: Elaboración propia

## 3.4.5.3.3. Diseño de juntas

## a) Generalidades

Tabla 62 Descripción de los tipos de juntas

TIPO	DESCRIPCION	UBICACIÓN
Longitudinal	De contraccion sin varillas	Entre carriles vecinos contruidos al mismo tiempo, si no hay riesgo de separacion entre losas.
	De contraccion con varillas de anclaje	Entre carriles vecinos contruidos al mismo tiempo, si existe riesgo de separacion entre losas y perdida de alineamiento vertical.
	De construccion machihembrada sin varillas	Entre carriles vecinos cuando no son contruidos simultaneamente y no se especifique la colocacion de varillas.
	De construccion machihembrada con varillas de anclaje	Entre carriles vecinos cuando no son contruidos simultaneamente y exista riesgo de separacion entre losas
Transversal	De contraccion sin pasadores	en todas las juntas transversales de contraccion donde no se especifique la colocacion de pasadores.
	De contraccion con pasadores	En las juntas transversales de contraccion en pavimentos que no esten sometidos a transito liviano al termino de la jornada o por suspensiones imprevistas en la pavimentacion
	De emergencia con varillas corrugadas	Por suspension imprevista en la pavimentacion sin que se pueda construir la totalidad de la longitud prevista para una losa.
Expansión	Con pasadores	En intersecciones y contra construcciones fijas, siempre que se puedan colocar pasadores.
	Con borde ensanchado	En las intersecciones y contra construcciones fijas, cuando no se puedan colocar pasadores.

Fuente: Diseño de pavimento rígido para calles y carreteras- Fernando Sánchez [26]

## b) Consideraciones para pasadores y barras de amarre

Tabla 63 Diámetros, longitudes y separaciones recomendados en pasadores

RANGO DE ESPELOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

Fuente: MTC [11]

Para nuestro caso no se emplearán los pasadores o dowells debido a que el número de repeticiones es 160 013 (valor bajo). Según [11], resulta necesaria este tipo de elementos de transferencia cuando el ESAL de diseño sea mayor a 4 millones. Para nuestro caso se empleará el método de transferencia de carga por trabazón de agregados, aquí la transferencia depende totalmente de la resistencia al corte de los agregados empleados.

Tabla 64 Diámetros y longitudes recomendados en barras de amarre

ESPELOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm

Fuente: MTC [11]

Según esta tabla y para un espesor de losa de concreto de 15cm corresponde usar barras de amarre de diámetro de ½” de 66cm de longitud y con una separación entre sí de 76 cm.

### c) Separación entre juntas

“Las juntas longitudinales son las que delimitan los carriles que serán por donde transitarán los vehículos. Las juntas transversales están dispuestas en sentido perpendicular a las longitudinales”. [11]

“La disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales depende del tamaño de las losas, esta debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m.”. [11]

Tabla 65 Dimensiones de losa

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: MTC [11]

### d) Diseño de sello de juntas

Se calcula el movimiento de las juntas transversales para un diseño adecuado, dicho cálculo se halla con la siguiente ecuación:

$$\Delta L = CL (\alpha \Delta T + \varepsilon)$$

Donde:

$\Delta L$  = Movimiento de las losas

L = Longitud de la losa

$\alpha$  = Coeficiente de expansión térmica del concreto

$\Delta L$  = Gradiente térmico

$\varepsilon$  = Coeficiente de concentración del concreto

Calculado el movimiento entre losas ( $\Delta L$ ) y también eligiendo el ancho de la caja de sello de 6 mm por ejemplo, podemos elegir el tipo de sellador tomando en cuenta el % de elongación que debe cumplirse.

Tabla 66 Valores referenciales coeficiente de expansión

TIPOS DE AGREGADOS	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA 10 <sup>-6</sup> / °C
Cuarzo	3.7
Arenisca	3.6
Grava	3.3
Granito	2.9
Basalto	2.7
Caliza	2.1

Fuente: MTC [11]

También se muestra en la siguiente tabla los valores relacionados al coeficiente de contracción.

Tabla 67 Valores referenciales de coeficiente de expansión

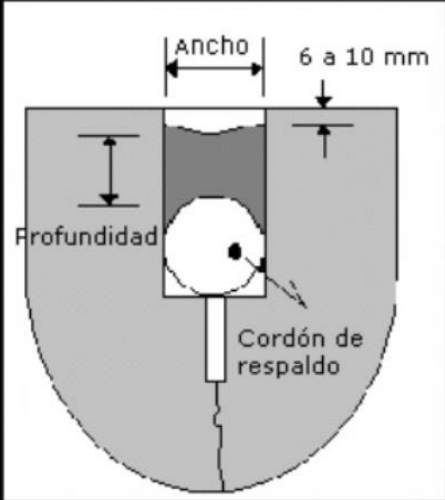
Resistencia a la tracción indirecta, Mpa	Coefficiente de Contracción, mm / mm
< 2.1	0.0008
2.8	0.0006
3.5	0.00045
4.2	0.0003
> 4.9	0.0002

Fuente: MTC [11]

## e) Cajas para selladores líquidos

- El ancho mínimo para alojar el sello debe ser de 6 mm y el máximo de 10 mm.
- Tanto el ancho de corte como la profundidad inserción determinan la forma del sellador.
- Se debe tomar muy en cuenta la relación profundidad/ancho (factor de forma) para el éxito a futuro de los selladores líquidos. Por ejemplo, un factor de forma que sea inferior a 1 ocasiona tensiones bajas en el sellador por lo que disminuye la pérdida de adherencia en las paredes de la junta.

Tabla 68 Cajas para selladores líquidos 1

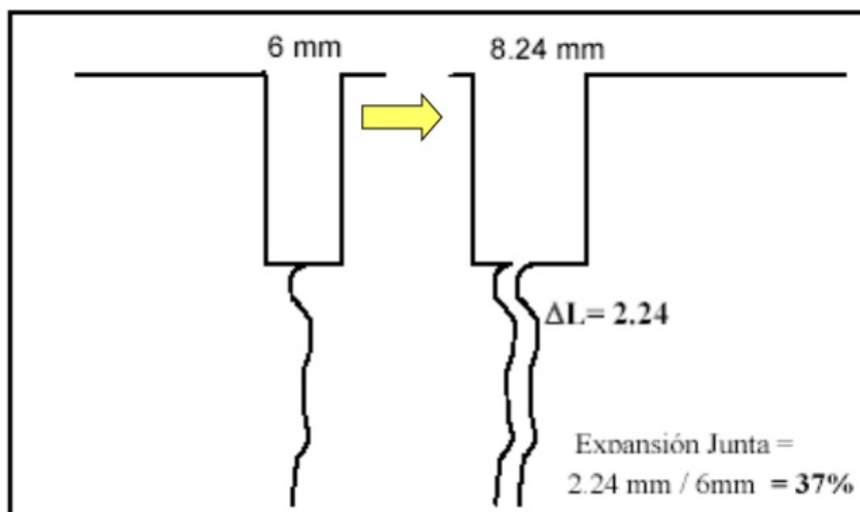


Factor de forma = $\frac{\text{Profundidad}}{\text{Ancho}}$	
Tipo de sellante	Factor de forma
Vertido en caliente	1.0
Silicona	0.5

Fuente: Fernando Sánchez [26]

Para elegir el sellador se debe tomar en consideración el alargamiento máximo esperado debido a la retracción del concreto.

Tabla 69 Cajas para selladores de líquidos 2



Fuente: Fernando Sánchez [26]

## f) Diseño de la caja de sello para selladores preformados

Se calcula los rangos de movimiento entre las losas y la temperatura del pavimento en el momento de su colocación. En relación al sello preformado los porcentajes de elongación varían entre 20 y 50. El cálculo del ancho de corte de la junta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_c = (1 - P_c) \times W$$

$$P_c = C_{\min} + \left( \frac{\text{temp de instalación} - \text{temp mínima}}{\text{tempe máxima} - \text{temp mínima}} \right) \times (C_{\max} - C_{\min})$$

Donde:

$S_c$  = ancho de corte en la junta

$W$  = ancho de sello sin comprimir

$P_c$  = % de compresión del sello en el momento de la instalación (decimal)

$C_{\min}$  = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.2)

$C_{\max}$  = Compresión máxima recomendada del sello (generalmente 0.5)

## g) Resultados

- El ancho de carril de diseño para el proyecto es de 3.00 metros por lo que el ancho de losa asumido es 3.70 metros.

- El espesor de la losa de concreto en nuestro diseño es de 15 cm.
- Las longitudes y diámetros recomendados de las barras de amarre para juntas longitudinales con un espesor de la losa de 15 cm es de varillas de ½’’ de diámetro x 66 cm de longitud y teniendo una distancia de la junta al extremo cada 76 cm.

### 3.4.6. ANALISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN

#### 3.4.6.1. Generalidades y objetivo

El análisis económico forma parte de todo proyecto, pues es aquí donde se determina el presupuesto necesario para su realización. Para este proyecto se ha realizado un análisis a las fases de ejecución y mantenimiento del proyecto durante todo el periodo de diseño (20 años) para poder determinar cuál de las alternativas de pavimentación planteadas es la que económicamente conviene.

Para la comparación de costos se está teniendo en cuenta los espesores obtenidos en el diseño, las partidas más predominantes de las fases de ejecución, el mantenimiento rutinario y periódico teniendo en cuenta la frecuencia con la que se realizan, todo esto analizado para cada una de las alternativas de pavimentación propuestas en el proyecto.

Finalmente, se determinará la partida más conveniente de acuerdo al presupuesto final que comprenderá los costos proyectados de la fase de ejecución y la fase de mantenimiento durante todo el periodo de diseño asumido en el proyecto.

#### 3.4.6.2. Espesores

##### a) Pavimento Flexible

Ilustración 56 Espesor final del pavimento flexible

<b>C.A</b>	2 pulg	5 cm
<b>BASE GRANULAR 80%</b>	6 pulg	15 cm
<b>SUB BASE GRANULAR (40%)</b>	6 pulg	15 cm
<b>SUB RASANTE (7.3%)</b>		

Fuente: Elaboración propia

## b) Pavimento Intertrabado

Ilustración 57 Espesor final del pavimento intertrabado

Adoquin	Adoquin	Adoquin	8 cm	3"
Cama de arena			4 cm	1.6"
Base granular			28 cm	11"

Fuente: Elaboración propia

## c) Pavimento Rígido

Ilustración 58 Espesor final del pavimento rígido

Losa de concreto	15 cm	6 "
Sub base granular	15 cm	6 "

Fuente: Elaboración propia

## 3.4.6.3. Longitud y superficie a pavimentar

Del estudio topográfico se obtuvo las longitudes de las calles a pavimentar y se proyectó un ancho promedio de pavimentación para cada una de estas, con esta información se logró obtener la longitud total de las calles a pavimentar que es 4.38 km y también la superficie total a pavimentar que es 32443.14 m<sup>2</sup>. El cálculo se realizó tomando en cuenta la longitud de las calles y el ancho promedio de cada una de estas, a continuación, se muestra la información en el siguiente cuadro:

Tabla 70 Longitudes, anchos y superficies de cada calle

DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE CALLE (L)	ANCHO PROMEDIO (A)	SUPERFICIE A PAVIMENTAR (S)
Calle Manuel Mesones Muro	477.42 m	8.00 m	3819.36 m <sup>2</sup>
Calle 07	409.02 m	8.00 m	3272.16 m <sup>2</sup>
Calle 08	407.83 m	8.00 m	3262.64 m <sup>2</sup>
Calle 09	164.97 m	8.00 m	1319.76 m <sup>2</sup>
Calle 09-2	103.00 m	6.00 m	618.00 m <sup>2</sup>
Calle 10	171.10 m	8.00 m	1368.80 m <sup>2</sup>
Calle 01	177.00 m	8.00 m	1416.00 m <sup>2</sup>
Calle 02	134.71 m	6.00 m	808.26 m <sup>2</sup>
Calle 03	138.76 m	6.00 m	832.56 m <sup>2</sup>
Calle 04	156.50 m	8.00 m	1252.00 m <sup>2</sup>
Calle 05	156.50 m	6.00 m	939.00 m <sup>2</sup>
Calle 06	159.92 m	5.00 m	799.60 m <sup>2</sup>
Calle Varayoc	560.62 m	8.00 m	4484.96 m <sup>2</sup>
Calle Amaru Inca Yupanqui	163.22 m	8.00 m	1305.76 m <sup>2</sup>
Prolongación Sipán	267.75 m	8.00 m	2142.00 m <sup>2</sup>
Prolongación Inca Roca	264.90 m	8.00 m	2119.20 m <sup>2</sup>
Calle Tocnope	246.20 m	6.00 m	1477.20 m <sup>2</sup>
Calle 11	105.98 m	6.00 m	635.88 m <sup>2</sup>
Calle 12	114.00 m	5.00 m	570.00 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>4.38 km</b>	<b>TOTAL</b>	<b>32 443.14 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

La longitud total de las calles según su ancho promedio a pavimentar se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 71 Longitud total de calles según su ancho promedio

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LONGITUD TOTAL DE CALLES CON A= 5 m	273.92 m
LONGITUD TOTAL DE CALLES CON A= 6m	885.15 m
LONGITUD TOTAL DE CALLES CON A= 8m	3220.33 m
<b>TOTAL</b>	<b>4379.40 m</b>

Fuente: Elaboración propia

## 3.4.6.4. Metrados

## a) Pavimento flexible

Tabla 72 Resumen de metrados para pavimento flexible

<b>METRADO ESTRUCTURA- PAVIMENTO FLEXIBLE</b>			
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO	11,355.10	m3
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	13,626.12	m3
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>		
2.1)	SUB BASE GRANULAR E= 15cm	34,065.30	m2
2.2)	BASE GRANULAR E= 15 cm	34,065.30	m2
2.3)	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	34,065.30	m2
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</b>		
3.1)	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	34,065.30	m2

Fuente: Elaboración propia

## b) Pavimento Intertrabado

Tabla 73 Resumen de metrados para pavimento intertrabado

<b>METRADO ESTRUCTURA- PAVIMENTO INTERTRABADO</b>			
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO	14,687.51	m3
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	17,625.01	m3
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>		
2.1)	BASE GRANULAR E= 28 cm	34,065.30	m2
2.2)	CAMA DE ARENA E=0.04 M	34,065.30	m2
2.3)	COLOCACIÓN DE ADOQUINES DE 20*10*8CM	32,443.14	m2
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO INTERTRABADO</b>		
3.1)	ACARREO DE ADOQUÍN	34,065.30	m2
3.2)	SELLO O PARCHADO DE JUNTAS	34,065.30	m2

Fuente: Elaboración propia

## c) Pavimento Rígido

Tabla 74 Resumen de metrados para pavimento rígido

METRADO ESTRUCTURA- PAVIMENTO RÍGIDO			
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO	11,443.19	m3
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	13,731.83	m3
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>		
2.1)	SUB BASE GRANULAR E= 15cm	34,065.30	m2
2.2)	CONCRETO F'c=280 KG/CM2 PARA PAVIMENTO RÍGIDO	5,109.79	m3
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO</b>		
3.1)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	5,407.19	m2
3.2)	ACERO LONGITUDINAL (BARRAS DE AMARRE)	3,898.14	kg
3.3)	JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN	8,783.00	m
3.4)	JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN	4,379.40	m
3.5)	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN E=6mm	13,162.40	m
3.6)	ACABADO DE LOSA DE CONCRETO	32,443.14	m2
3.7)	CURADO DE LA LOSA DE CONCRETO	32,443.14	m2

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.6.5. Análisis de costos unitarios

Para la evaluación de este apartado se ha realizado este análisis comparando las actividades más representativas y diferenciadas entre los distintos tipos de pavimentos evaluados, sin tomar en cuenta para esta comparación partidas comunes ni partidas de poca variación económica como, por ejemplo: habilitación de oficina y almacén en obra, cartel de obra, limpieza de terreno, trazo nivel y replanteo, etc.

A continuación, se mostrarán las partidas más representativas consideradas en este análisis tanto para la fase de construcción como para la fase de mantenimiento, para los tres tipos de pavimento evaluados en este proyecto.

##### a) Fase de construcción

###### a.1) Pavimento flexible

Para este tipo de pavimentación se consideraron 6 partidas como las más representativas para la fase de construcción de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

## Ilustración 59 Costos unitarios de fase de ejecución - Pavimento flexible

PARTIDA		CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO				
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día	costo unitario :		12.02
Descripcion Recurso		Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						<b>2.47</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO		hh	2.00	0.0421	35.00	1.47
PEON		hh	3.00	0.0632	15.79	1.00
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>9.55</b>
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	2.47	0.07
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP		hm	2.00	0.0421	225.00	9.47

PARTIDA		ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO				
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día	costo unitario :		15.03
Descripcion Recurso		Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						<b>2.44</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO		hh	1.00	0.0211	35.00	0.74
OFICIAL		hh	1.00	0.0211	17.53	0.37
PEON		hh	4.00	0.0842	15.79	1.33
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>12.60</b>
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	2.44	0.07
CAMION VOLQUETE DE 15m3		hm	2.00	0.0421	205.00	8.63
CARGADOR S/LLANTAS 125 HP -3yd3		hm	1.00	0.0211	185.00	3.89

PARTIDA		SUB BASE GRANULAR E= 15cm				
rendimiento:	M0.	1200.00	m2/día	costo unitario :		12.32
Descripcion Recurso		Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						<b>0.87</b>
OFICIAL		hh	2.00	0.0133	17.53	0.23
PEON		hh	6.00	0.0400	15.79	0.63
<b>Materiales</b>						<b>8.33</b>
MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE		m3		0.1800	45.00	8.10
AGUA		m3		0.0378	6.00	0.23
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>3.12</b>
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0500	0.87	0.04
CAMION CISTERNA 6X4 330 HP 1200 GAL			1.00	0.0067	141.38	0.94
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 135 HP 7-9 TN		hm	1.00	0.0067	130.00	0.87
MOTONIVELADORA 130 - 125 HP		hm	1.00	0.0067	183.63	1.22
NIVEL TOPOGRAFICO		hm	1.00	0.0067	7.00	0.05

PARTIDA		BASE GRANULAR E= 15 cm				
rendimiento:	M0.	800.00	m2/día		costo unitario :	15.59
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.39</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.0200	21.88	0.44	
PEON	hh	6.00	0.0600	15.79	0.95	
<b>Materiales</b>						<b>9.61</b>
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	m3		0.1875	50.00	9.38	
AGUA	m3		0.0394	6.00	0.24	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>4.59</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.39	0.04	
CAMION CISTERNA 6X4 330 HP 1200 GAL	hm	1.00	0.0100	141.38	1.41	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 135 HP 7-9 TN	hm	1.00	0.0100	130.00	1.30	
MOTONIVELADORA 130 - 125 HP	hm	1.00	0.0100	183.63	1.84	

PARTIDA		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA				
rendimiento:	M0.	2200.00	m2/día		costo unitario :	4.99
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.59</b>
OFICIAL	hh	2.00	0.0073	17.53	0.13	
PEON	hh	8.00	0.0291	15.79	0.46	
<b>Materiales</b>						<b>3.75</b>
ARENA ZARANDEADA	m3		0.0010	31.93	0.03	
ASFALTO LIQUIDO RC-250	gal		0.3000	8.05	2.42	
KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.1000	13.00	1.30	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.65</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.59	0.02	
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1800 GLS	hm	1.00	0.0036	174.52	0.63	

PARTIDA		CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"				
rendimiento:	M0.	1800.00	m2/día		costo unitario :	35.25
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.29</b>
CAPATAZ	hh	3.00	0.0133	26.26	0.35	
OFICIAL	hh	3.00	0.0133	17.53	0.23	
PEON	hh	10.00	0.0444	15.79	0.70	
<b>Materiales</b>						<b>31.79</b>
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		0.0650	440.60	28.64	
TRANSPORTE DE MEZCLA C/VOLQUETE 10 M3	m3		0.0650	48.50	3.15	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>2.18</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	1.29	0.06	
PAVIMENTADORA DE ASFALTO	hm	1.00	0.0044	200.00	0.89	
RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 127 HP 8-23 TON	hm	1.00	0.0044	150.00	0.67	
RODILLO TANDEM ESTATICO AUT 58-70HP 8-10T	hm	1.00	0.0044	125.00	0.56	

Fuente: Elaboración propia

## a.2) Pavimento intertrabado

Para este tipo de pavimentación se consideraron 7 partidas como las más representativas para la fase de construcción de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

Ilustración 60 Costos unitarios de fase de ejecución–Pavimento intertrabado

PARTIDA		CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO					
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día		costo unitario :		12.02
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.		
<b>Mano de obra</b>							<b>2.47</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	2.00	0.0421	35.00	1.47		
PEON	hh	3.00	0.0632	15.79	1.00		
<b>Materiales</b>							<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>							<b>9.55</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	2.47	0.07		
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP	hm	2.00	0.0421	225.00	9.47		

PARTIDA		ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO					
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día		costo unitario :		15.03
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.		
<b>Mano de obra</b>							<b>2.44</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	1.00	0.0211	35.00	0.74		
OFICIAL	hh	1.00	0.0211	17.53	0.37		
PEON	hh	4.00	0.0842	15.79	1.33		
<b>Materiales</b>							<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>							<b>12.60</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	2.44	0.07		
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	2.00	0.0421	205.00	8.63		
CARGADOR S/LLANTAS 125 HP -3yd3	hm	1.00	0.0211	185.00	3.89		

PARTIDA		BASE GRANULAR E= 28 cm					
rendimiento:	M0.	800.00	m2/día		costo unitario :		23.92
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.		
<b>Mano de obra</b>							<b>1.39</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.0200	21.88	0.44		
PEON	hh	6.00	0.0600	15.79	0.95		
<b>Materiales</b>							<b>17.94</b>
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	m3		0.3500	50.00	17.50		
AGUA	m3		0.0735	6.00	0.44		
<b>Equipo y Herramientas</b>							<b>4.59</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.39	0.04		
CAMION CISTERNA 6X4 330 HP 1200 GAL	hm	1.00	0.0100	141.38	1.41		
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 135 HP 7-9 TN	hm	1.00	0.0100	130.00	1.30		
MOTONIVELADORA 130 - 125 HP	hm	1.00	0.0100	183.63	1.84		

PARTIDA		CAMA DE ARENA E=0.04 M				
rendimiento:	M0.	150.00	m2/día		costo unitario :	6.52
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.15</b>
OFICIAL	hh	0.50	0.0267	17.53	0.47	
PEON	hh	2.00	0.1067	15.79	1.68	
<b>Materiales</b>						<b>2.13</b>
ARENA FINA	m3		0.0520	38.70	2.01	
REGLA METÁLICA	und		0.0020	27.00	0.05	
AGUA	m3		0.0100	6.00	0.06	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>2.24</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.15	0.11	
MONTACARGAS 68 HP	hm	0.50	0.0267	80.00	2.13	

PARTIDA		COLOCACIÓN DE ADOQUINES DE 20*10*8CM				
rendimiento:	M0.	150.00	m2/día		costo unitario :	45.99
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>5.70</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.1067	21.88	2.33	
PEON	hh	4.00	0.2133	15.79	3.37	
<b>Materiales</b>						<b>40.00</b>
ADOQUINES DE CONCRETO 20*10*8	und		50.0000	0.80	40.00	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.29</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	5.70	0.29	

PARTIDA		ACARREO DE ADOQUÍN				
rendimiento:	M0.	200.00	m2/día		costo unitario :	5.58
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>3.79</b>
PEON	hh	6.00	0.2400	15.79	3.79	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>1.79</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	3.79	0.19	
MONTACARGAS 68 HP	hm	0.50	0.0200	80.00	1.60	

PARTIDA		SELLO O PARCHADO DE JUNTAS				
rendimiento:	M0.	600.00	m2/día		costo unitario :	2.03
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.84</b>
PEON	hh	4.00	0.0533	15.79	0.84	
<b>Materiales</b>						<b>1.16</b>
ARENA FINA	m3		0.0300	38.70	1.16	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.03</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.84	0.03	

Fuente: Elaboración propia

## a.3) Pavimento rígido

Para este tipo de pavimentación se consideraron 11 partidas como las más representativas para la fase de construcción de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

Ilustración 61 Costos unitarios de fase de ejecución - Pavimento rígido

PARTIDA		CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQUIPO				
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día	costo unitario :		12.02
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.47</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	2.00	0.0421	35.00	1.47	
PEON	hh	3.00	0.0632	15.79	1.00	
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>9.55</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	2.47	0.07	
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP	hm	2.00	0.0421	225.00	9.47	

PARTIDA		ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO				
rendimiento:	M0.	380.00	m3/día	costo unitario :		15.03
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.44</b>
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	1.00	0.0211	35.00	0.74	
OFICIAL	hh	1.00	0.0211	17.53	0.37	
PEON	hh	4.00	0.0842	15.79	1.33	
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>12.60</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	2.44	0.07	
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	2.00	0.0421	205.00	8.63	
CARGADOR S/LLANTAS 125 HP -3yd3	hm	1.00	0.0211	185.00	3.89	

PARTIDA		SUB BASE GRANULAR E= 15cm				
rendimiento:	M0.	1200.00	m2/día	costo unitario :		12.32
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.87</b>
OFICIAL	hh	2.00	0.0133	17.53	0.23	
PEON	hh	6.00	0.0400	15.79	0.63	
<b>Materiales</b>						<b>8.33</b>
MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE	m3		0.1800	45.00	8.10	
AGUA	m3		0.0378	6.00	0.23	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>3.12</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	0.87	0.04	
CAMION CISTERNA 6X4 330 HP 1200 GAL		1.00	0.0067	141.38	0.94	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 135 HP 7-9 TN	hm	1.00	0.0067	130.00	0.87	
MOTONIVELADORA 130 - 125 HP	hm	1.00	0.0067	183.63	1.22	
NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.00	0.0067	7.00	0.05	

PARTIDA		CONCRETO F'C=280 KG/CM2 PARA PAVIMENTO RÍGIDO				
rendimiento:	M0.	20.00	m3/día	costo unitario :		459.63
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>124.82</b>
CAPATAZ	hh	0.50	0.2000	26.26	5.25	
OPERARIO	hh	4.00	1.6000	21.88	35.01	
OFICIAL	hh	2.00	0.8000	17.53	14.02	
PEON	hh	12.00	4.8000	15.79	75.79	
<b>Materiales</b>						<b>316.66</b>
CEMENTO PORTLAND TIPO 1P (42.5KG)	bls		10.5000	22.00	231.00	
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.0800	12.50	1.00	
AGUA	m3		0.2500	6.00	1.50	
REGLA DE MADERA	p2		0.1000	5.50	0.55	
ARENA GRUESA	m3		0.6700	43.80	29.35	
PIEDRA CHANCHADA DE 3/4	m3		0.6700	79.50	53.27	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>18.14</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	124.82	3.74	
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1.00	0.4000	28.00	11.20	
VIBRADOR DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1.00	0.4000	8.00	3.20	

PARTIDA		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS				
rendimiento:	M0.	12.00	m2/día	costo unitario :		54.43
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>47.33</b>
OPERARIO	hh	1.00	0.6667	21.88	14.59	
OFICIAL	hh	1.00	0.6667	17.53	11.69	
PEON	hh	2.00	1.3333	15.79	21.05	
<b>Materiales</b>						<b>5.67</b>
CLAVOS PARA MADERA DE 3"	kg		0.0030	4.90	0.01	
ALAMBRE NEGRO N°8	kg		0.1000	3.50	0.35	
MADERA TORNILLO P/ENCOFRADO	p2		0.8100	6.20	5.02	
PETRÓLEO	gln		0.0208	13.50	0.28	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>1.44</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	47.33	1.42	
SIERRA CIRCULAR	hm	0.00	0.0010	16.00	0.02	

PARTIDA		ACERO LONGITUDINAL (BARRAS DE AMARRE)				
rendimiento:	M0.	250.00	kg/día	costo unitario :		17.22
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.85</b>
CAPATAZ	hh	0.10	0.00	26.26	0.08	
OPERARIO	hh	1.00	0.0320	21.88	0.70	
OFICIAL	hh	1.00	0.0320	17.53	0.56	
PEON	hh	1.00	0.0320	15.79	0.51	
<b>Materiales</b>						<b>15.28</b>
ACERO CORRUGADO Fy= 42000 GRADO 60	kg		1.0500	2.45	2.57	
PINTURA ANTICORROSIVA	m2		0.2000	63.53	12.71	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.09</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	1.85	0.09	

PARTIDA		JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN				
rendimiento:	M0.	120.00	m/día	costo unitario :		9.74
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.25</b>
OPERARIO	hh	0.10	0.0067	21.88	0.15	
PEON	hh	2.00	0.1333	15.79	2.11	
<b>Materiales</b>						<b>4.71</b>
DISCO DE CORTE	pza		0.0070	544.66	3.81	
AGUA	m3		0.1500	6.00	0.90	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>2.78</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.25	0.11	
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	1.00	0.0667	40.00	2.67	

PARTIDA		JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN				
rendimiento:	M0.	120.00	m/día	costo unitario :		9.74
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.25</b>
OPERARIO	hh	0.10	0.0067	21.88	0.15	
PEON	hh	2.00	0.1333	15.79	2.11	
<b>Materiales</b>						<b>4.71</b>
DISCO DE CORTE	pza		0.0070	544.66	3.81	
AGUA	m3		0.1500	6.00	0.90	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>2.78</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.25	0.11	
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	1.00	0.0667	40.00	2.67	

PARTIDA		SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN E=6mm				
rendimiento:	M0.	200.00	m/día	costo unitario :		11.12
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.21</b>
OPERARIO	hh	1.00	0.0400	21.88	0.88	
OFICIAL	hh	1.00	0.0400	17.53	0.70	
PEON	hh	1.00	0.0400	15.79	0.63	
<b>Materiales</b>						<b>8.80</b>
SELLANTE ELÁSTICO DE POLIURETANO	gln		0.0278	260.00	7.23	
MATERIAL DE RESPALDO 3/8" PARA JUNTAS 6 mm	m		1.0500	1.50	1.58	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.11</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0500	2.21	0.11	

PARTIDA		ACABADO DE LOSA DE CONCRETO				
rendimiento:	M0.	60.00	m2/día	costo unitario :		4.09
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>3.97</b>
OPERARIO	hh	1.00	0.1333	21.88	2.92	
PEON	hh	0.50	0.0667	15.79	1.05	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.12</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	3.97	0.12	

PARTIDA		CURADO DE LA LOSA DE CONCRETO				
rendimiento:	M0.	120.00	m2/día	costo unitario :		1.44
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.34</b>
OPERARIO	hh	0.20	0.0133	21.88	0.29	
PEON	hh	1.00	0.0667	15.79	1.05	
<b>Materiales</b>						<b>0.06</b>
AGUA	m		0.0100	6.00	0.06	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.04</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.34	0.04	

Fuente: Elaboración propia

b) Fase de mantenimiento

b.1) Pavimento flexible

Para este tipo de pavimentación se consideraron 7 partidas como las más representativas para la fase de mantenimiento de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

Ilustración 62 Costos unitarios de fase de mantenimiento - Pavimento flexible

PARTIDA		LIMPIEZA MANUAL DE LAS PISTAS				
rendimiento:	M0.	1000.00	M2/DIA	costo unitario :		0.53
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.51</b>
PEON	hh	4.00	0.03	15.79	0.51	
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.03</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	0.51	0.03	

PARTIDA		SELLADO DE FISURAS MODERADAS				
rendimiento:	M0.	1600.00	M/DIA	costo unitario :		6.71
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.82</b>
CAPATAZ	hh	1.00	0.005	26.26	0.13	
OPERARIO	hh	5.00	0.03	21.88	0.55	
OFICIAL	hh	4.00	0.02	17.53	0.35	
PEON	hh	10.00	0.05	15.79	0.79	
<b>Materiales</b>						<b>2.79</b>
SELLADOR ELASTOMERICO PARA FISURAS	kg		0.25	11.15	2.79	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>2.11</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	1.82	0.09	
COMPRESORA NEUMATICA 250 -330 PCM ,87HP	hm	1.00	0.0050	91.45	0.46	
SELLADOR DE FISURAS	hm	1.00	0.0050	153.4	0.77	
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.00	0.0050	77.3	0.39	
CAMIONETA PICK - UP 4X2 107HP 1TON	hm	1.00	0.0050	80.96	0.40	

PARTIDA		SELLADO DE FISURAS SEVERAS				
rendimiento:	M0.	1000.00	M/DIA	costo unitario :		9.78
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>2.91</b>
CAPATAZ	hh	1.00	0.008	26.26	0.21	
OPERARIO	hh	5.00	0.04	21.88	0.88	
OFICIAL	hh	4.00	0.03	17.53	0.56	
PEON	hh	10.00	0.08	15.79	1.26	
<b>Materiales</b>						<b>2.79</b>
SELLADOR ELASTOMERICO PARA FISURAS	kg		0.25	11.15	2.79	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>4.08</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	2.91	0.15	
COMPRESORA NEUMATICA 250 -330 PCM ,87HP	hm	1.00	0.0080	91.45	0.73	
RUTEADOR	hm	1.00	0.0080	88.50	0.71	
SELLADOR DE FISURAS	hm	1.00	0.0080	153.4	1.23	
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.00	0.0080	77.3	0.62	
CAMIONETA PICK - UP 4X2 107HP ITON	hm	1.00	0.0080	80.96	0.65	

PARTIDA		BACHEO SUPERFICIAL				
rendimiento:	M0.	40.00	M2/DIA	costo unitario :		44.62
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>18.95</b>
PEON	hh	6.00	1.20	15.79	18.95	
<b>Materiales</b>						<b>22.47</b>
ASFALTO EN FRIO	m3		0.05	440.60	22.47	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>3.20</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	18.95	0.95	
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	0.50	0.1000	22.50	2.25	

PARTIDA		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA				
rendimiento:	M0.	3600.00	m2/dia	costo unitario :		13.28
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.25</b>
OFICIAL	hh	1.00	0.0022	17.53	0.04	
PEON	hh	6.00	0.0133	15.79	0.21	
<b>Materiales</b>						<b>12.64</b>
ARENA GRUESA	p2		0.0010	43.80	0.04	
ASFALTO DILUIDO MC-30	Galon		1.14	10.46	11.92	
KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0600	11.20	0.67	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.40</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.25	0.01	
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1800 GLS	hm	1.00	0.0022	174.52	0.39	

PARTIDA		ASFALTO DILUIDO MC -30				
rendimiento:	M0.	2000.00	L/dia	costo unitario :		2.76
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Materiales</b>						<b>2.76</b>
ASFALTO DILUIDO MC-30	Galon		0.26	10.46	2.76	

PARTIDA FRESADO DE CARPETA ASFALTICA E=2.5 CM						
rendimiento:	M0.	2000.00	m2/día	costo unitario :		17.06
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.24</b>
CAPATAZ	hh	0.25	0.001	26.26	0.03	
OPERARIO	hh	1.00	0.00	21.88	0.09	
PEON	hh	2.00	0.0080	15.79	0.13	
<b>Materiales</b>						<b>12.64</b>
ARENA GRUESA	p2		0.0010	43.80	0.04	
ASFALTO DILUIDO MC-30	Galón		1.14	10.46	11.92	
KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0600	11.20	0.67	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>4.18</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.24	0.01	
CARGADOR S/LLANTAS 125 HP -3 yd3	hm	0.50	0.0020	185.00	0.37	
FRESADORA DE PAVIMENTOS 565 CV	hm	1.00	0.0040	951.20	3.80	

Fuente: Elaboración propia

## b.2) Pavimento intertrabado

Para este tipo de pavimentación se consideraron 3 partidas como las más representativas para la fase de mantenimiento de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

### Ilustración 63 Costos unitarios de fase de mantenimiento - Intertrabado

PARTIDA LIMPIEZA MANUAL DE LAS PISTAS						
rendimiento:	M0.	900.00	M2/DIA	costo unitario :		0.59
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>0.56</b>
PEON	hh	4.00	0.04	15.79	0.56	
<b>Materiales</b>						<b>0.00</b>
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.03</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	0.56	0.03	

PARTIDA REPARACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO 20*10*8						
rendimiento:	M0.	400.00	u/día	costo unitario :		2.20
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>1.19</b>
CAPATAZ	hh	0.10	0.002	26.26	0.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.040	21.88	0.88	
PEON	hh	1.00	0.020	15.79	0.32	
<b>Materiales</b>						<b>0.90</b>
ADOQUINES DE CONCRETO 20*10*8	und		1.000	0.90	0.90	
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.11</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	1.19	0.04	
ARENA FINA	m3		0.0020	38.70	0.08	

PARTIDA		SELLO O PARCHADO DE JUNTAS				
rendimiento:	M0.	350.00	m2/día		costo unitario :	3.02
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>					<b>1.80</b>	
PEON	hh	5.00	0.1143	15.79	1.80	
<b>Materiales</b>					<b>1.16</b>	
ARENA FINA	m3		0.0300	38.70	1.16	
<b>Equipo y Herramientas</b>					<b>0.05</b>	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.0300	1.80	0.05	

Fuente: Elaboración propia

### b.3) Pavimento rígido

Para este tipo de pavimentación se consideraron 4 partidas como las más representativas para la fase de mantenimiento de los cuales se realizaron su respectivo análisis de costos unitarios que se muestran en los siguientes cuadros.

Ilustración 64 Costos unitarios de fase de mantenimiento -  
rígido

PARTIDA		LIMPIEZA MANUAL DE LAS PISTAS				
rendimiento:	M0.	1500.00	M2/DIA		costo unitario :	0.35
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>					<b>0.34</b>	
PEON	hh	4.00	0.02	15.79	0.34	
<b>Materiales</b>					<b>0.00</b>	
<b>Equipo y Herramientas</b>					<b>0.02</b>	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.05	0.34	0.02	

PARTIDA		REPARACIÓN DE CONCRETO F'C=280 KG/CM2				
rendimiento:	M0.	20.00	m3/día		costo unitario :	444.32
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>					<b>124.82</b>	
CAPATAZ	hh	0.50	0.2000	26.26	5.25	
OPERARIO	hh	4.00	1.6000	21.88	35.01	
OFICIAL	hh	2.00	0.8000	17.53	14.02	
PEON	hh	12.00	4.8000	15.79	75.79	
<b>Materiales</b>					<b>301.35</b>	
CEMENTO PORTLAND TIPO 1P (42.5KG)	bls		10.5000	20.50	215.25	
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.0800	12.50	1.00	
AGUA	m3		0.2500	6.00	1.50	
REGLA DE MADERA	p2		0.1800	5.50	0.99	
ARENA GRUESA	m3		0.6700	43.80	29.35	
PIEDRA CHANCHADA DE 3/4	m3		0.6700	79.50	53.27	
<b>Equipo y Herramientas</b>					<b>18.14</b>	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.0300	124.82	3.74	
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1.00	0.4000	28.00	11.20	
VIBRADOR DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1.00	0.4000	8.00	3.20	

PARTIDA JUNTA DE DILATACIÓN EN PAVIMENTOS RIGIDOS CON TECNOPOR Y SELLADO CON ASFALTO E= 1", H LOSA = 0.15M						
rendimiento:	M0.	60.00	m/día		costo unitario :	10.94
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>7.77</b>
OPERARIO	hh	0.50	0.07	21.88		1.46
PEON	hh	3.00	0.4000	15.79		6.32
<b>Materiales</b>						<b>2.93</b>
ASFALTO LIQUIDO RC -250	gal		0.1500	8.05		1.21
ARENA FINA	m3		0.0020	38.70		0.08
TECNOPOR DE 1"X4X8'	m2		0.1500	11.00		1.65
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.23</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	7.77		0.23

PARTIDA JUNTA DE CONTRACCIÓN						
rendimiento:	M0.	90.00	m/día		costo unitario :	9.69
Descripcion Recurso	Und	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>7.56</b>
OPERARIO	hh	1.00	0.09	21.88		1.94
PEON	hh	4.00	0.3556	15.79		5.61
<b>Materiales</b>						<b>1.90</b>
ASFALTO LIQUIDO RC -250	gal		0.1650	8.05		1.33
GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.0250	12.50		0.31
ARENA GRUESA	m3		0.0060	43.80		0.26
<b>Equipo y Herramientas</b>						<b>0.23</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	7.56		0.23


Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.6.6. Presupuestos

Habiendo analizado y calculado los metrados, las frecuencias con las que se realizan los mantenimientos y los análisis de costos unitarios se pueden finalmente hallar los presupuestos finales. A continuación, se muestran los presupuestos finales de cada una de las alternativas de pavimentación planteadas, incluyendo las fases de construcción y los mantenimientos proyectados durante todo el periodo de diseño.


##### a) Fase de construcción

## a.1) Pavimento flexible

OBRA	ANALISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACION DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERIMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRICOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020					
UBICACIÓN	LA VICTORIA, CHICLAYO	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO				
ESTUDIANTE:	KELVIN MATHIUS GONZALES ABANTO					
FECHA	2020-2021					
ESPECIALIDAD	PAVIMENTOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (metrado)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTAL
<b>PRESUPUESTO ESTRUCTURA- PAVIMENTO FLEXIBLE</b>						
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					392,753.71
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQ	m3	13,065.35	12.02	157,029.29	
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m3	15,678.42	15.03	235,724.42	
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>					2,151,424.64
2.1)	SUB BASE GRANULAR E= 15cm	m2	34,065.30	12.32	419,530.03	
2.2)	BASE GRANULAR E= 15 cm	m2	34,065.30	15.59	531,006.44	
2.3)	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	34,065.30	35.25	1,200,888.17	
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</b>					169,849.22
3.1)	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	34,065.30	4.99	169,849.22	
				<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>S/ 2,714,027.57</b>	


Fuente: Elaboración propia

## a.2) Pavimento intertrabado

OBRA	ANALISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACION DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERIMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRICOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020					
UBICACIÓN	LA VICTORIA, CHICLAYO	UNIVERIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO				
ESTUDIANTE:	KELVIN MATHIUS GONZALES ABANTO					
FECHA	2020-2021					
ESPECIALIDAD	PAVIMENTOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (metrado)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTAL
<b>PRESUPUESTO ESTRUCTURA- PAVIMENTO INTERTRABADO</b>						
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					S/ 441,516.91
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQ	m3	14,687.51	12.02	176525.60	
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m3	17,625.01	15.03	264991.30	
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>					S/ 2,528,814.89
2.1)	BASE GRANULAR E= 28 cm	m2	34,065.30	23.92	814761.85	
2.2)	CAMA DE ARENA E=0.04 M	m2	34,065.30	6.52	222073.49	
2.3)	COLOCACIÓN DE ADOQUINES DE 20*10*8CM	m2	32,443.14	45.99	1491979.55	
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO INTERTRABADO</b>					S/ 259,150.97
3.1)	ACARREO DE ADOQUÍN	m2	34,065.30	5.58	190053.02	
3.2)	SELLO O PARCHADO DE JUNTAS	m2	34,065.30	2.03	69097.96	
				<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>S/ 3,229,482.77</b>	

Fuente: Elaboración propia

## a.3) Pavimento rígido

OBRA	ANALISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACION DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERIMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRICOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020					
UBICACIÓN	LA VICTORIA, CHICLAYO	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO				
ESTUDIANTE:	KELVIN MATHIUS GONZALES ABANTO					
FECHA	2020-2021					
ESPECIALIDAD	PAVIMENTOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD (metrado)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	TOTAL
<b>PRESUPUESTO ESTRUCTURA- PAVIMENTO RÍGIDO</b>						
<b>1)</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					343,990.51
1.1)	CORTE EN TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUBRASANTE, C/EQ	m3	11,443.19	12.02	137,532.97	
1.2)	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m3	13,731.83	15.03	206,457.54	
<b>2)</b>	<b>CAPAS DEL PAVIMENTO</b>					2,768,143.47
2.1)	SUB BASE GRANULAR E= 15cm	m2	34,065.30	12.32	419,530.03	
2.2)	CONCRETO F'C=280 KG/CM2 PARA PAVIMENTO RÍGIDO	m3	5,109.79	459.63	2,348,613.44	
<b>3)</b>	<b>ACTIVIDADES PROPIAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO</b>					815,605.97
3.1)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	m2	5,407.19	54.43	294,313.17	
3.2)	ACERO LONGITUDINAL (BARRAS DE AMARRE)	kg	3,898.14	17.22	67,131.72	
3.3)	JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN	m	8,783.00	9.74	85,573.18	
3.4)	JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN	m	4,379.40	9.74	42,668.70	
3.5)	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN E=6mm	m	13,162.40	11.12	146,384.32	
3.6)	ACABADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	32,443.14	4.09	132,663.24	
3.7)	CURADO DE LA LOSA DE CONCRETO	m2	32,443.14	1.44	46,871.64	
					<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>S/ 3,927,739.95</b>

Fuente: Elaboración propia

## b) Fase de mantenimiento

### b.1) Generalidades

- Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento se realizan con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento de la infraestructura del pavimento y permitir una adecuada circulación vehicular. Estos costos están relacionados a materiales a utilizarse y al personal encargado de estas labores.

- Mantenimiento rutinario

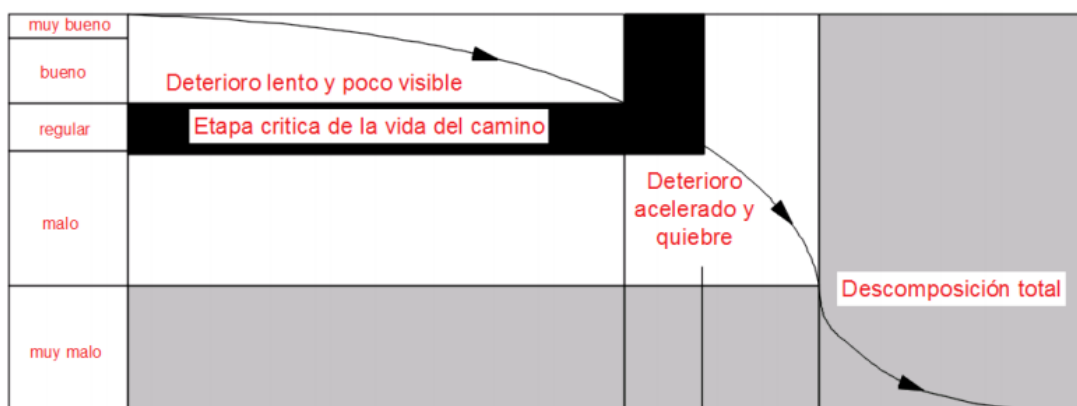
Son actividades preventivas que se realizan en la superficie pavimentada, para poder desacelerar el deterioro de las capas estructurales que conforman al pavimento, corregir ciertos impactos negativos a los que están expuestos y la eliminación de elementos que obstruyen su adecuado funcionamiento.

- Mantenimiento periódico

Estas actividades previenen que la gravedad de los defectos en el pavimento se vuelva más notoria, este tipo de mantenimiento se realizará cada 3 años. Se muestra en el siguiente cuadro los costos calculados.

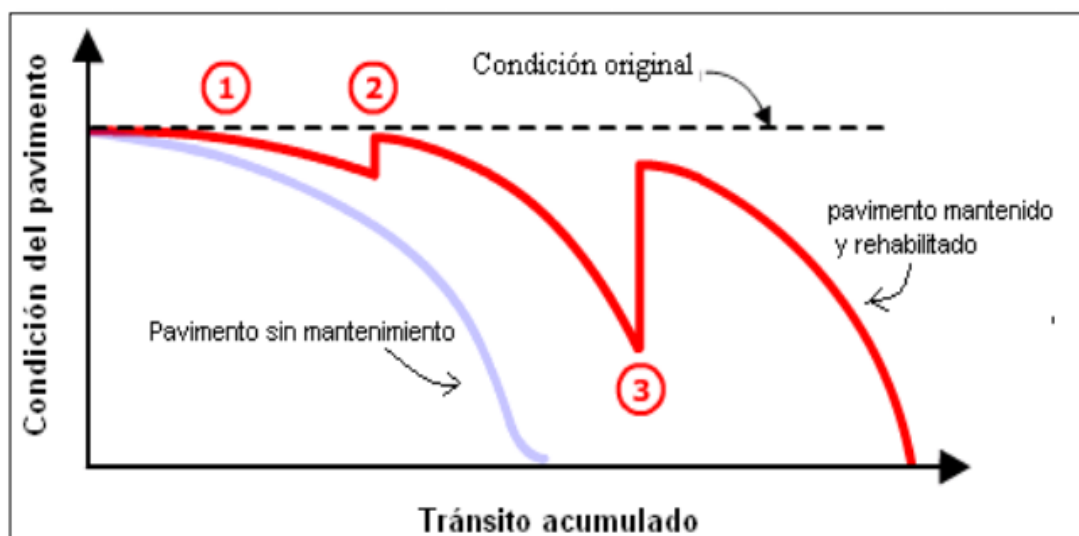
- Ciclo de vida

Ilustración 65 Condición típica del ciclo de vida de un pavimento



Fuente: Camacho Tauta [27]

Ilustración 66 Ciclo de vida del pavimento con y sin mantenimiento



Fuente: Sánchez Sabogal [28]

## b.2) Antecedentes de mantenimientos de pavimentos en Perú

### Pavimento flexible

#### Antecedente 1:

Según el MTC - Provías Nacional [29], realiza un estudio definitivo sobre la carretera Ilave Mazocruz, Tramo: Ilave – San Antonio de Checca en el departamento de Puno, en el cual evalúan una muestra de 10 km de tramo. Se identificaron las fallas características de la carretera y se analizó los costos requeridos para su mantenimiento, obteniendo un costo de mantenimiento rutinario de S/. 505 038.39 para las actividades de mantenimiento de calzada.

De esta investigación se puede concluir que el costo del mantenimiento rutinario tiene un costo anual por kilómetro de S/. 5 050. y el mantenimiento periódico de S/. 15734.36 soles/km/año.

#### Antecedente 2:

Según programa de mejoramiento de la transitabilidad de la red vial nacional [30], realizó un estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Patahuasi – Yauri-Sicuani, Tramo: Negro Mayo-Yauri-San Genaro, la longitud muestra de la vía es de 85.6 km en el que se planteó el mantenimiento rutinario

obteniendo un costo anual por kilómetro de S/. 8890.35 para las actividades de mantenimiento en la calzada. El costo total del mantenimiento periódico fue de S/. 49 301 606.30 para un periodo de 10 años, de ahí se calculó su costo anual por kilómetro obteniéndose S/. 57 595.33.

Antecedente 3:

Según el MTC - Provías Nacional [31], realizó un estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Quinua – San Francisco, Tramo: Km 78+500 – Km 172+420, la longitud muestra de la vía es de 93.920 km en el que se planteó el mantenimiento rutinario obteniendo un costo anual por kilómetro de \$/.1 505.54 o un equivalente de S/. 4 305.84. Además, se obtuvo un precio de mantenimiento periódico anual por kilómetro de \$/. 9 096.06 que es equivalente a 26 014.7316. Las conversiones de dólares a soles se realizaron con los precios de la fecha del presupuesto.

#### Pavimento intertrabado

Antecedente 1:

Según [31], evaluó las patologías del pavimento intertrabado de las cuadras 1 y 2 de la Av. Huancavelica y cuadras 15,16 y 17 de Chulucanas en el Jirón Rázuri, de esta investigación se concluyó que las patologías encontradas a los 6 años de construcción fueron el 42.10% de la totalidad de la muestra. Entre estas patologías tenemos las siguientes: abultamiento con 9.25%, ahuellamiento 12.92%, depresiones con 7.44%, desgaste superficial 7.97%, pérdida de arena con 7.66%, desplazamiento de bordes con 5.05% y fracturamiento de confinamiento interno con 4.21%.

Antecedente 2:

Según [13], realizó un análisis comparativo de alternativas de pavimentación para la Av. Ignacia Schaeffer en la cual llegó a la conclusión de que el pavimento intertrabado y el pavimento rígido presentan un costo de mantenimiento de 58.94% y 41.28% menos que la alternativa de pavimentación flexible.

### Pavimento rígido

#### Antecedente 1:

Según [14], realizó una comparación entre pavimento flexible y rígido para la carretera de acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas, en la cual realizó una simulación en el software de gestión vial HDM-4 para estimar los costos de mantenimiento. De este análisis se concluyó lo siguiente: “En base a esta política de mantenimiento se determinó que los costos directos de mantenimiento del pavimento rígido representaban a penas 21.7% de los costos directos de mantenimiento del pavimento flexible”.

#### Antecedente 2:

Según [32], realizó un análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para las vías alternas de la carretera marginal tramo Ovalo Rondero-Bajo Portillo, en la cual realizó una comparación de los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) concluyendo lo siguiente: “En el caso del pavimento flexible se consideró mantenimiento rutinario año tras año y un mantenimiento periódico cada 5 años. En el caso del rígido se requiere del mantenimiento de conservación rutinaria, llegando al 42.68% menor que el pavimento flexible”.

#### b.3) Programación y presupuesto

Se realiza la programación de los mantenimientos rutinarios y periódicos anuales durante todo el periodo de diseño de 20 años, esta programación se realizó tomando en cuenta las características regulares de conservación de cada alternativa de pavimentación.

Tabla 75 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-pavimentos flexibles

Año	Mant. Rutinario	Mant. Periódico
2021	S/ 24,086.70	-
2022	S/ 24,086.70	-
2023	S/ 24,086.70	-
2024	S/ 24,086.70	-
2025	S/ 24,086.70	-
2026	S/ 24,086.70	S/ 85,748.65
2027	S/ 24,086.70	-
2028	S/ 24,086.70	-
2029	S/ 24,086.70	-
2030	S/ 24,086.70	-
2031	S/ 24,086.70	S/ 85,748.65
2032	S/ 24,086.70	-
2033	S/ 24,086.70	-
2034	S/ 24,086.70	-
2035	S/ 24,086.70	S/ 85,748.65
2036	S/ 24,086.70	-
2037	S/ 24,086.70	-
2038	S/ 24,086.70	-
2039	S/ 24,086.70	S/ 85,748.65
2040	S/ 24,086.70	-
2041	S/ 24,086.70	-
<b>SUB TOTAL</b>	S/ 505,820.70	S/ 342,994.61
<b>TOTAL</b>	S/	<b>848,815.31</b>

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento periódico y rutinario de la alternativa de pavimentación flexible durante todo el periodo de diseño (20 años) costará S/. 848 815.31.

Tabla 76 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-pavimentos intertrabados

Año	Mant. Rutinario	Mant. Periódico
2021	S/ 17,517.60	-
2022	S/ 17,517.60	-
2023	S/ 17,517.60	-
2024	S/ 17,517.60	S/ 44,888.85
2025	S/ 17,517.60	-
2026	S/ 17,517.60	-
2027	S/ 17,517.60	-
2028	S/ 17,517.60	S/ 44,888.85
2029	S/ 17,517.60	-
2030	S/ 17,517.60	-
2031	S/ 17,517.60	-
2032	S/ 17,517.60	S/ 44,888.85
2033	S/ 17,517.60	-
2034	S/ 17,517.60	-
2035	S/ 17,517.60	-
2036	S/ 17,517.60	S/ 44,888.85
2037	S/ 17,517.60	-
2038	S/ 17,517.60	-
2039	S/ 17,517.60	S/ 44,888.85
2040	S/ 17,517.60	-
2041	S/ 17,517.60	-
<b>SUB TOTAL</b>	S/ 367,869.60	S/ 224,444.25
<b>TOTAL</b>	S/	592,313.85

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento periódico y rutinario de la alternativa de pavimentación intertrabada durante todo el periodo de diseño (20 años) costará S/. 592 313.85.

Tabla 77 Programación y presupuesto de mantenimiento periódico y rutinario-  
pavimentos rígidos

Año	Mant. Rutinario	Mant. Periódico
2021	S/ 18,393.48	-
2022	S/ 18,393.48	-
2023	S/ 18,393.48	-
2024	S/ 18,393.48	-
2025	S/ 18,393.48	-
2026	S/ 18,393.48	-
2027	S/ 18,393.48	-
2028	S/ 18,393.48	-
2029	S/ 18,393.48	-
2030	S/ 18,393.48	-
2031	S/ 18,393.48	S/ 64,596.15
2032	S/ 18,393.48	-
2033	S/ 18,393.48	-
2034	S/ 18,393.48	-
2035	S/ 18,393.48	-
2036	S/ 18,393.48	-
2037	S/ 18,393.48	S/ 64,596.15
2038	S/ 18,393.48	-
2039	S/ 18,393.48	-
2040	S/ 18,393.48	-
2041	S/ 18,393.48	-
<b>SUB TOTAL</b>	S/ 386,263.08	S/ 129,192.30
<b>TOTAL</b>	S/	515,455.38

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento periódico y rutinario de la alternativa de pavimentación rígida durante todo el periodo de diseño (20 años) costará S/. 515 455.38.

De las tablas anteriores se concluye que el pavimento flexible presentará un mayor costo de mantenimiento en el área del proyecto que las alternativas de pavimentación intertrabada y rígida.

### 3.4.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PAVIMENTACIÓN

#### 3.4.7.1. Generalidades

Para la selección del tipo de pavimentación se tomaron en cuenta los espesores obtenidos en el diseño estructural, los costos de construcción y mantenimiento obtenidos en el análisis económico y ciertas características técnicas de cada tipo de pavimentación.

#### 3.4.7.2. Selección del pavimento

Se determinó utilizar la alternativa de pavimentación flexible para el proyecto, a continuación, se muestran sus ventajas y desventajas.

##### a) Ventajas

1. Presenta un costo económico de construcción que resultó menor que las alternativas de pavimentación rígida y intertrabada.
2. Debido a que la zona del proyecto presenta bajo tránsito vehicular se tomó por conveniente emplear una alternativa económica como la del pavimento flexible y no una más costosa como la del pavimento rígido o del intertrabado.
3. El presupuesto de pavimento flexible considerando el costo total de las fases de ejecución y mantenimiento sigue siendo las más favorable económicamente en la zona del proyecto en comparación a las otras 2 alternativas.
4. Las pistas pavimentadas en los alrededores de la zona del proyecto son de pavimento flexible por lo que se presenciara una continuidad arquitectónica en la zona del proyecto.

##### b) Desventajas

1. Presenta un costo de mantenimiento que resultó mayor que las alternativas de pavimentación rígida e intertrabada.
2. En la fase de construcción es la que mayor contamina ambientalmente por la mezcla asfáltica a comparación de las otras alternativas de pavimentación que son consideradas como “pavimentos ecológicos o sostenibles”. Pero para reducir estos impactos se plantearon medidas mitigadoras.

### 3.4.8. PROYECCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO

#### 3.4.8.1. Generalidades

Estos servicios de gozar con agua potable y alcantarillado, son fundamentales para mejorar la calidad de vida de las personas. En el caso del agua potable, se distribuye a través de una red de abastecimiento, que comprende procesos que permiten conducir dicho servicio a la población. En el caso del alcantarillado, recoge a través de una red de recolección que comprende procesos como la conducción de residuos, el tratamiento correspondiente y la disposición final de estos.

Actualmente los sistemas de agua potable y alcantarillado en la zona de estudio son buenos, presentando un estado de conservación bueno y un funcionamiento normal hasta la fecha, sin embargo, tanto las redes de agua potable como la de alcantarillado no se encuentran distribuidas en la totalidad de la zona del proyecto, por lo que se realizó la proyección de ambos sistemas.

#### 3.4.8.2. Sistema de agua potable

##### a) Situación actual

Las calles comprendidas dentro del límite del proyecto presentan una situación actual del sistema de redes de agua potable con las siguientes características:

- Su abastecimiento proviene de planta de tratamiento I abastecido por la empresa EPSEL S.A.
- La presión promedio de la zona se encuentra entre 5 y 6 lbs/pl2.
- El material de estas conexiones en la red de distribución es de PVC
- Presenta un estado de conservación bueno al igual que la operatividad del sistema.
- Los diámetros de las tuberías de la red de distribución son 110 mm y 160 mm.














El sistema existente consiste en un diseño por gravedad, considerando un sistema cerrado que permite mantener la red de distribución con una presión regulada que permitirá realizar las intervenciones de mantenimiento o de reparación en un caso más crítico.

La red cuenta con válvulas de aires y de presión distribuidos estratégicamente en la zona

con el fin de evitar los posibles problemas con el golpe de ariete, también presentan 3 grifos contra incendio (GCI) para situaciones de emergencia de la localidad.

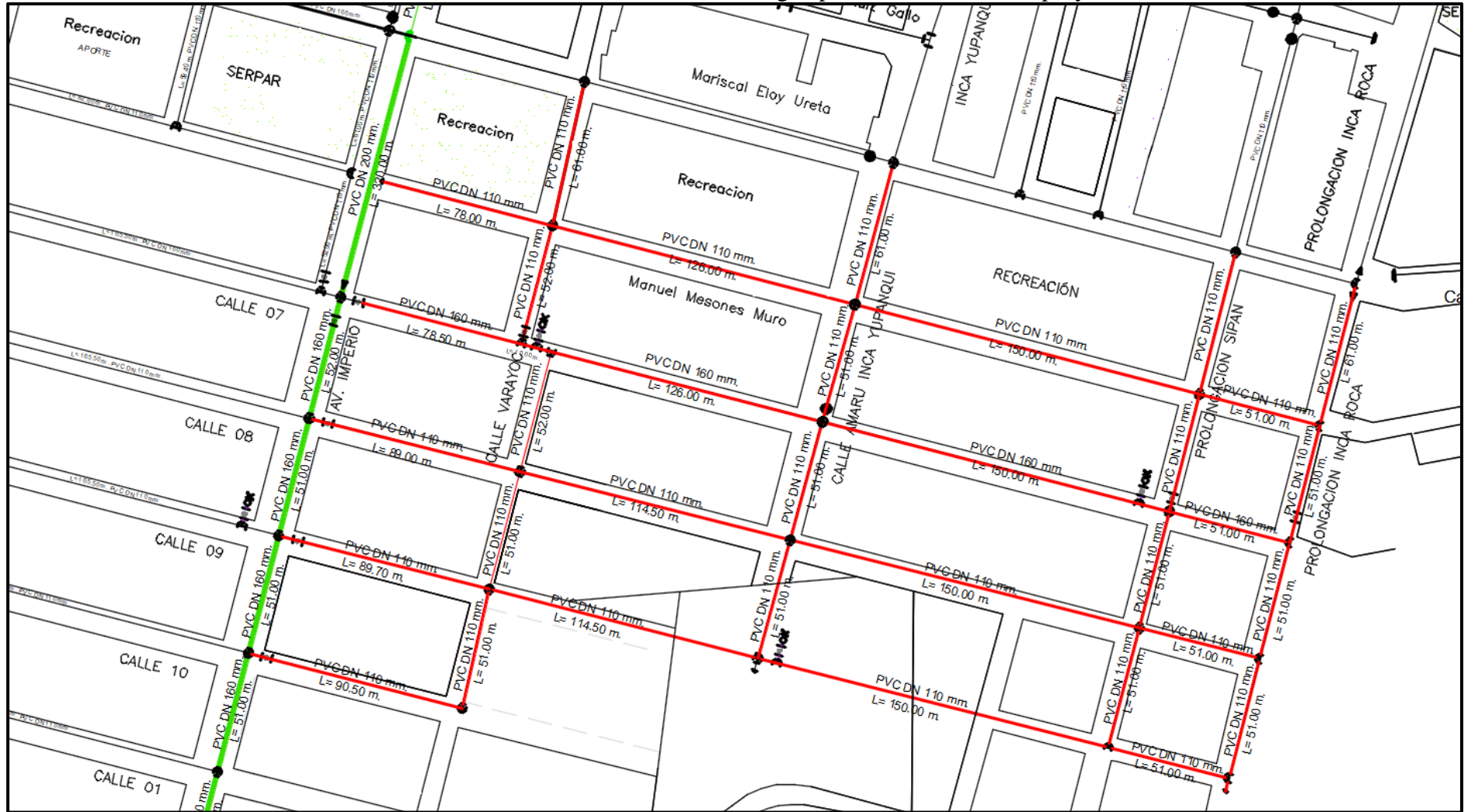
A continuación, se muestra la leyenda y una ilustración correspondiente al plano en donde se indican los diámetros de las redes actuales existentes de agua potable indicando sus longitudes y diámetros correspondientes.

Ilustración 67 Leyenda de plano del sistema de agua potable existente

	RED DE AGUA POTABLE EXISTENTE
	RED PRINCIPAL DE AGUA POTABLE EXISTENTE
	CODO 11"15' PVC
	CODO 22"30' PVC
	CODO H"D' 45' - HORIZONTAL
	YEE
	CODO H"D' 90'
	TEE H"D'
	CRUZ H"D'
	REDUCCION PVC
	GRIFO CONTRA INCENDIO
	TAPON PVC
	VALVULA DE PURGA

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 68 Red existente del sistema de agua potable en la zona del proyecto

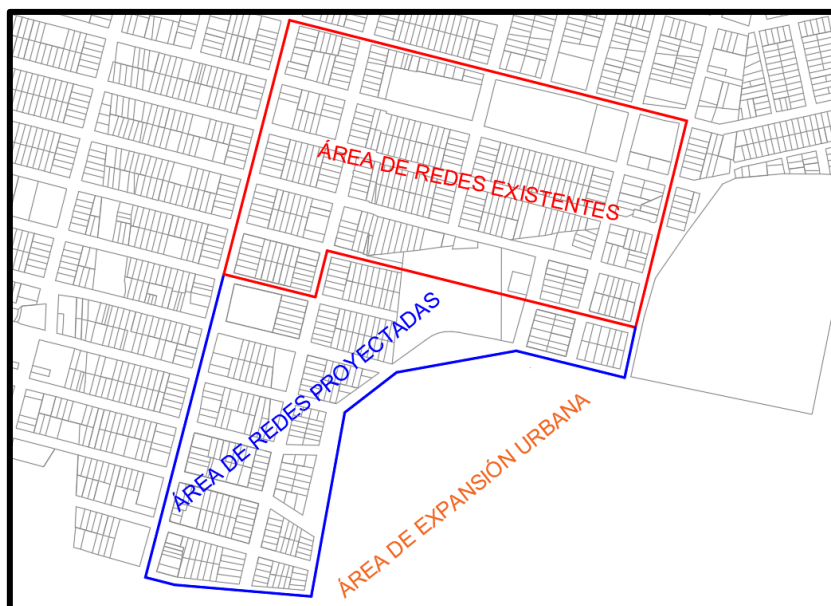


Fuente: Elaboración propia (referenciado en información de EPSEL)

## b) Proyección planteada

Teniendo en cuenta la situación actual del sistema de agua potable en la zona del proyecto anteriormente descritas se ha determinado realizar una proyección de las redes de distribución en la totalidad de las calles a pavimentar del proyecto. Se ha tomado en cuenta los diámetros existentes en la zona para proyectar los diámetros de las redes de distribución faltantes en el área del proyecto. A continuación, se muestra el plano de catastro de la zona del proyecto indicando las áreas de las redes existentes y proyectadas.













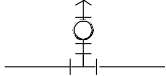




Ilustración 69 Área de redes existentes y proyectadas de agua potable



Fuente: Elaboración propia

Debido que el área de expansión urbana se encuentra en la en la parte sur del área del proyecto, se debe asegurar el no seleccionar un diámetro menor al que presenta tramos existentes, que en este caso son tuberías de 110 mm, este criterio se toma debido a que la proyección está en dirección al área de expansión urbana, por lo que en la proyección se ha tomado diámetros de 110 mm en su mayoría a excepción de una tubería de 160 mm que se dejará proyectaba para que de ahí abastezca en un futuro a las áreas aledañas. A continuación, se muestran la leyenda y el plano del sistema de agua potable con los diámetros correspondientes existentes y proyectados.

Ilustración 70 Leyenda de plano del sistema de agua potable proyectada y existente

	MANZANAS
	RED PRINCIPAL DE AGUA POTABLE EXISTENTE
	RED DE AGUA POTABLE EXISTENTE
	RED DE AGUA POTABLE PROYECTADA
	CODO 11'15' PVC
	CODO 22'30' PVC
	CODO H'D' 45° - HORIZONTAL
	YEE
	CODO H'D' 90°
	TEE H'D'
	CRUZ H'D'
	REDUCCION PVC
	GRIFO CONTRA INCENDIO
	VALVULA DE COMPUERTA PROYECTADA
	CANAL / RIO
	TAPON PVC
	VALVULA DE PURGA

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 71 Red existente y proyectada de agua potable en la zona del proyecto



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.8.3. Alcantarillado

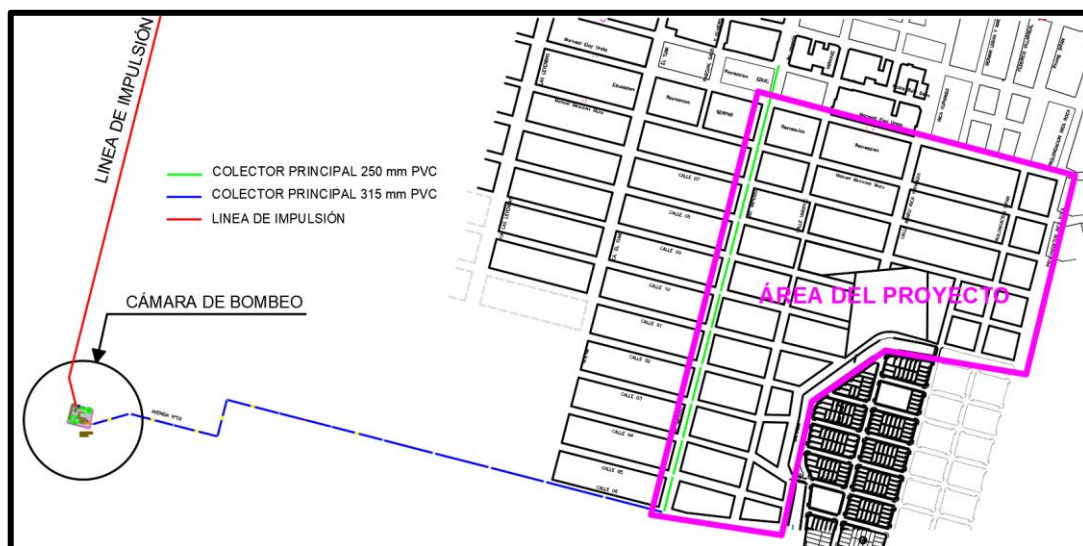
#### a) Situación actual

Las calles comprendidas dentro del límite del proyecto presentan una situación actual de las redes de alcantarillado con las siguientes características:

- El colector principal de la zona del proyecto se encuentra ubicado en la Av. Imperio, este presenta un diámetro de 250 mm hasta la calle N° 06 y la Av.

Imperio y luego aumenta su diámetro a uno de 315 mm que continúa su rumbo con ese mismo diámetro hasta desembocar en la cámara de bombeo.

Ilustración 72 Ubicación de la cámara de bombeo con respecto al área del proyecto








Fuente: Elaboración propia

- Las pendientes en las redes existentes varían entre 5 % y 10 %, teniendo un buen comportamiento operativo hasta la fecha.
- El material de las conexiones que conforman la red de alcantarillado es de PVC
- Presenta un estado de conservación bueno al igual que la operatividad del sistema.
- Los diámetros de las tuberías de la red de alcantarillado son de 200 mm en todas las redes existentes pertenecientes a las calles beneficiadas con el proyecto de pavimentación.
- La profundidad de los buzones existentes varía desde 1.20 en los buzones de arranque hasta profundidades significativamente mayores en los buzones del colector principal de 250 mm.

El sistema de alcantarillado existente recoge los residuos solamente domésticos de todas las viviendas de la zona del proyecto, debido a que no existen fabricas o zonas industriales que presentan un aporte más significativo. De esta manera las aguas negras y las excretas son transportadas mediante tuberías a una planta de tratamiento para reducir su nivel de contaminación.

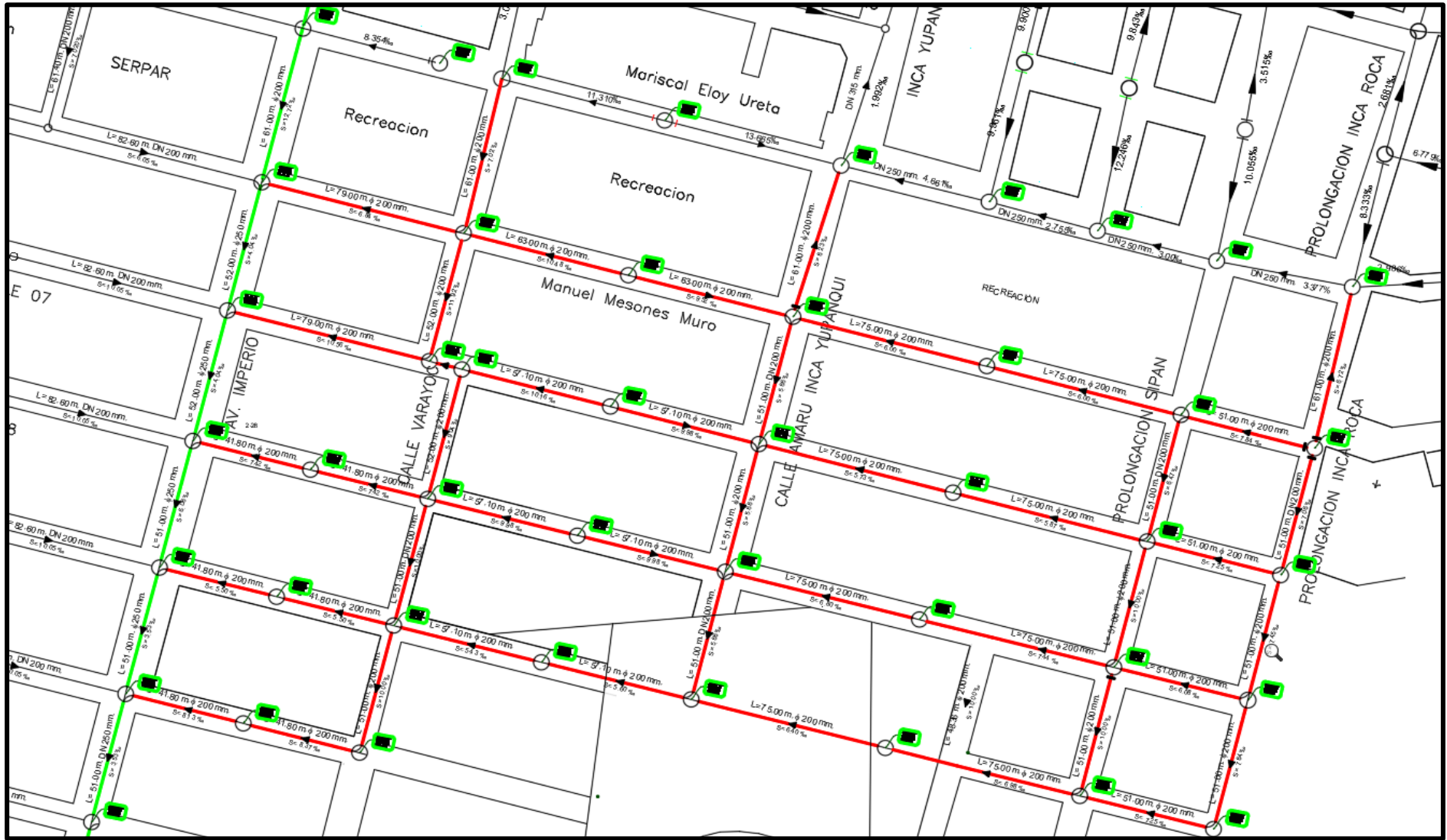
A continuación, se muestra la leyenda y una ilustración correspondiente al plano en donde se indican los diámetros del sistema de alcantarillado existente, indicando sus longitudes, sentidos, pendientes y diámetros correspondientes.

Ilustración 73 Leyenda de plano del sistema de alcantarillado existente

	MANZANAS
	COLECTOR PRINCIPAL EXISTENTE
	RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE
	BUZONES
	SENTIDO DEL FLUJO

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 74 Red existente del sistema de alcantarillado en la zona del proyecto



Fuente: Elaboración propia (referenciado en información de EPSEL)

## b) Proyección planteada

Teniendo en cuenta la situación actual del sistema de alcantarillado de la zona del proyecto anteriormente descrita, se ha determinado realizar una proyección de las redes de recolección en la totalidad de las calles a pavimentar del proyecto. Para esto se ha tomado en cuenta los diámetros existentes en la zona para proyectar los diámetros de las redes de alcantarillado faltantes en el área del proyecto. A continuación, se muestra el plano de catastro de la zona del proyecto indicando las áreas de las redes existentes y proyectadas de alcantarillado.

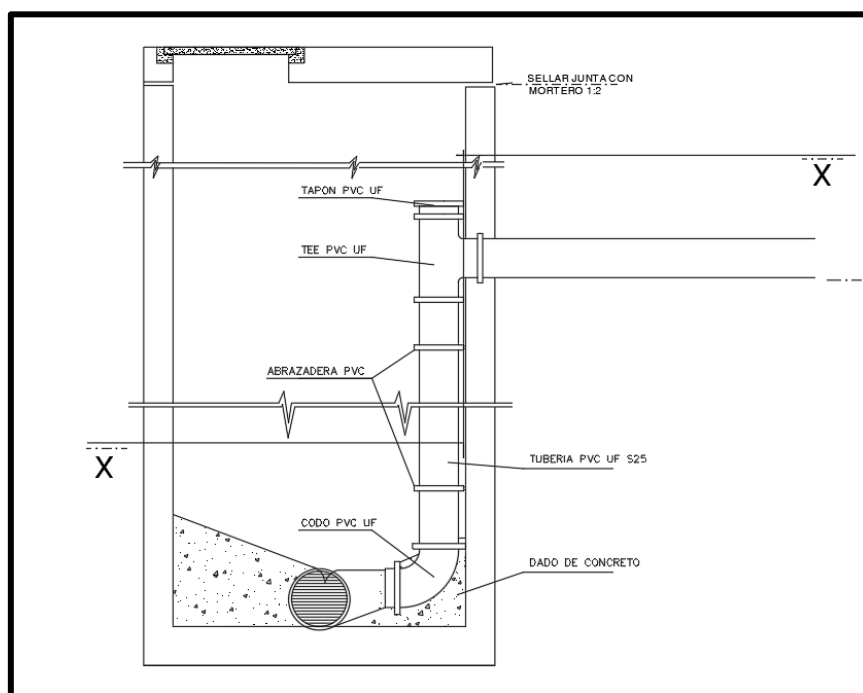
Ilustración 75 Área de redes existentes y proyectadas de alcantarillado



Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de la proyección del sistema de alcantarillado se ha realizado un diseño teniendo en cuenta la topografía de la zona, verificando sentidos del flujo, altura de buzones, y pendientes mínimas. En la proyección realizada se tienen buzones diseñados con caídas especiales con el fin de ahorrar los costos de ejecución, este se realiza cuando existen cambios muy bruscos entre las alturas de dos buzones.

Ilustración 76 Detalle de caídas especiales de buzones



Fuente: Elaboración propia

Debido que el área de expansión urbana se encuentra en la en la parte sur al igual que en el caso del sistema de agua potable, también se debe asegurar aquí el no seleccionar un diámetro menor al que presentan los tramos existentes, que en este caso son tuberías de 200 mm. Debido a esto el diámetro de mis redes proyectadas serán de 200 mm en su mayoría a excepción de una tubería de 315 mm que se dejará como colector principal proyectado para recoger el aporte de las áreas potenciales de expansión. A continuación, se muestran la leyenda y el plano del sistema de alcantarillado existente y proyectado con los diámetros correspondientes, cotas, pendientes, longitudes y altura de buzones.

Ilustración 77 Leyenda de plano del sistema de alcantarillado proyectada y existente

	MANZANAS
	COLECTOR PRINCIPAL EXISTENTE
	RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE
	RED DE AGUA POTABLE PROYECTADA
	BUZONES
	SENTIDO DEL FLUJO

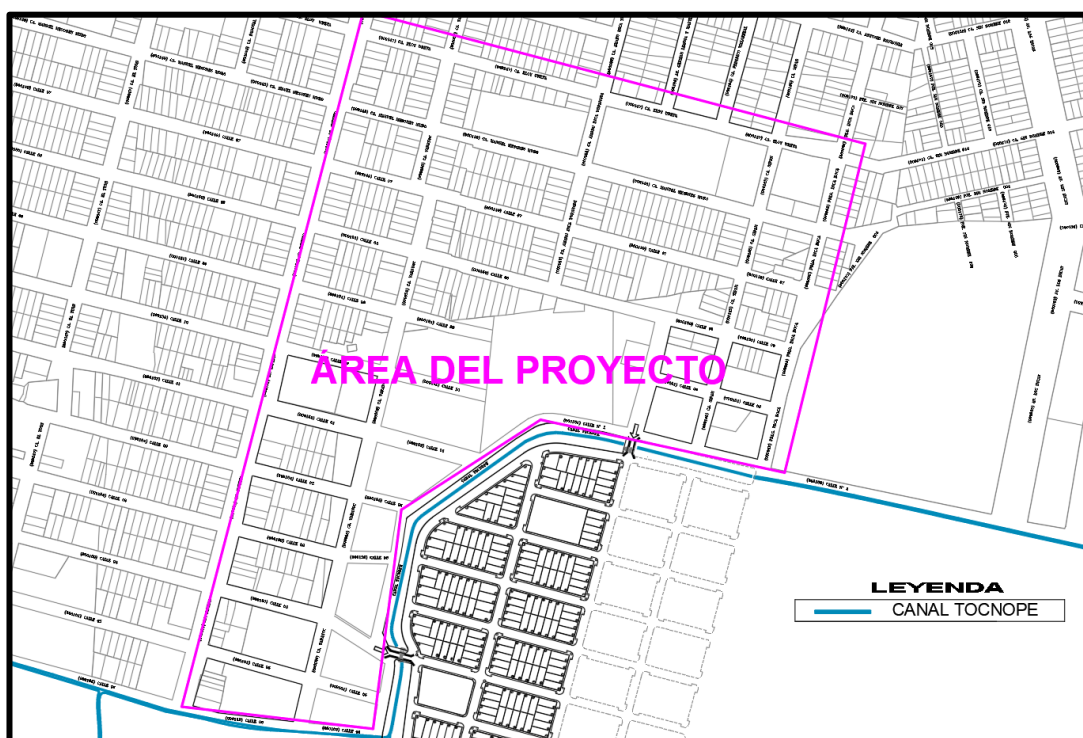
Fuente: Elaboración propia



estancamiento de aguas, generalmente llamados focos infecciosos.

En el área del proyecto se plantea emplear un drenaje superficial por sección de vía, para esto se verificará que el caudal máximo sea mayor que el caudal circundante. De no cumplir esta verificación resultará necesario el diseño de canaletas. El sistema de drenaje está orientado para que su desemboque sea en el canal Toccope que pasa por el perímetro sur del área del proyecto.

Ilustración 79 Ubicación del canal Toccope en referenciación al área del proyecto



Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.9.2. Criterios de diseño

##### a) Topografía

La topografía del proyecto representa una de las características primordiales en un diseño de drenaje superficial, puesto que de este dependerá la forma y la rapidez en que se realice la evacuación del flujo y de acuerdo a eso se elegirá el sistema más conveniente para el proyecto.

##### b) Flujo superficial

Se denomina flujo o escurrimiento superficial a la precipitación de lluvia que no

absorbe el terreno natural o la vegetación, es también el agua que no se evapora y que sigue su cauce en la superficie de la vía.

Ahora si evaluamos las superficies del área del proyecto se puede clasificar en superficies permeables e impermeables.

Tabla 78 Superficies permeables e impermeables en la zona del proyecto

PERMEABLES	IMPERMEABLES
Jardines	Edificaciones
Solares sin edificar	Vías pavimentadas
Parques	Veredas

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.9.3. Metodología para el cálculo del flujo

Para el sistema del drenaje pluvial superficial se busca calcular el escurrimiento máximo, y realizar el diseño tomando en cuenta el tiempo de concentración y el periodo de retorno obtenidos del estudio hidrológico para calcular la intensidad de lluvia. Después de calcularla se emplea el método racional para hallar el volumen resultante de escurrimiento.

#### 3.4.9.4. Método racional

Según [17], nos indica que los caudales para un sistema de drenaje cuando la superficie sea menor a 13 km<sup>2</sup> deberán ser calculados con el método racional. Para nuestro caso contamos con una superficie de 0.18 km<sup>2</sup> por lo que emplearemos este método para el desarrollo.

#### 3.4.9.5. Parámetros de diseño

En el estudio hidrológico se calcularon los caudales circulantes por las vías, estos se comparan con los caudales máximos que pueden circular por dicha vía y que dependen del bombeo que se le dé a la sección del pavimento. Teniendo en cuenta lo anterior se determinó los caudales máximos de cada uno de los tramos de las calles del proyecto, para luego comparar con los caudales circulantes. De aquí se determinó que no es necesario el uso de cunetas ya que el caudal circulante es menor del caudal máximo.

Se toma en cuenta el coeficiente de n que toma en cuenta la rugosidad del material, en nuestro caso como la vía presenta una calzada de asfalto de textura rugosa, se ha tomado un coeficiente de 0.016.

Tabla 79 Coeficiente de rugosidad de Manning para calles y calzadas

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto-calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015
Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n, en:	0,002
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3 <sup>(36)</sup>	

Fuente: Modificación de la norma O.S. 0.60 [34]

#### 3.4.9.6. Drenaje superficial por sección de vía

Según [17], para realizar el cálculo de la máxima capacidad de caudal que puede transcurrir por una vía se debe emplear la siguiente fórmula:

$$Q = 315 * S^{0.5} * Y^{\frac{8}{3}} * \left( \frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Z= Pendiente transversal

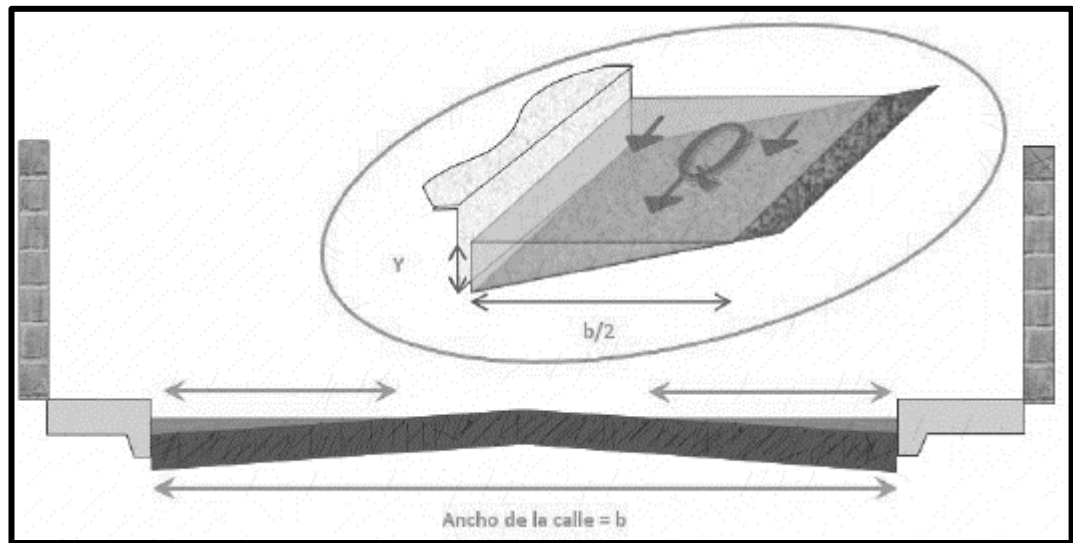
n= Coeficiente de rugosidad

S= Pendiente longitudinal (m/m)

Y= Tirante (m)

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

Tabla 80 Representación de la capacidad máxima de caudal en secciones de vías



Fuente: Tesis [22]

#### 3.4.9.7. Diseño y verificación

Tabla 81 Capacidad máxima del caudal por secciones de vías

CAPACIDAD MÁXIMA DEL CAUDAL POR SECCIONES DE VÍAS												
Caudal	Pendiente	Ancho de calzada (m)	Tirante (m)	Bombeo asumido	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	Rugosidad (n)	V (m/s)	Qmax= VxA (m <sup>3</sup> /s)	Qcirculante (m <sup>3</sup> /s)	Verificación
q1	0.0007	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.184736045	0.0591	0.0025	CORRECTO
q2	0.0009	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.221581568	0.0709	0.0023	CORRECTO
q3	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.245053278	0.0784	0.0032	CORRECTO
q4	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.198188579	0.0634	0.0038	CORRECTO
q5	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.223702014	0.0716	0.0078	CORRECTO
q6	0.0009	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.221581568	0.0709	0.0043	CORRECTO
q7	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.223702014	0.0716	0.0130	CORRECTO
q8	0.0009	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.177944702	0.0320	0.0058	CORRECTO
q9	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.246001264	0.0787	0.0195	CORRECTO
q10	0.0009	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.181210014	0.0326	0.0055	CORRECTO
q11	0.0009	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.179555094	0.0323	0.0036	CORRECTO
q12	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.246001264	0.0787	0.0052	CORRECTO
q13	0.0019	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.256864945	0.0462	0.0029	CORRECTO
q14	0.0012	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.203069569	0.0366	0.0030	CORRECTO
q15	0.0015	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.227121225	0.0409	0.0023	CORRECTO
q16	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.228589825	0.0731	0.0054	CORRECTO
q17	0.0015	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.27513777	0.0880	0.0030	CORRECTO
q18	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.200085164	0.0640	0.0039	CORRECTO
q19	0.0006	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.170039693	0.0544	0.0043	CORRECTO
q20	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.206541177	0.0661	0.0116	CORRECTO
q21	0.0007	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.186269151	0.0596	0.0024	CORRECTO
q22	0.0007	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.186269151	0.0596	0.0019	CORRECTO
q23	0.0004	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.144283464	0.0462	0.0069	CORRECTO
q24	0.0007	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.195827546	0.0627	0.0032	CORRECTO
q25	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.223702014	0.0716	0.0020	CORRECTO
q26	0.0025	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.360708659	0.1154	0.0027	CORRECTO
q27	0.0015	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.277104068	0.0887	0.0086	CORRECTO
q28	0.0005	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.166382498	0.0532	0.0050	CORRECTO
q29	0.0005	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.164783328	0.0527	0.0051	CORRECTO
q30	0.0011	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.240472439	0.0770	0.0025	CORRECTO
q31	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.206823917	0.0662	0.0026	CORRECTO
q32	0.0013	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.26125622	0.0836	0.0115	CORRECTO
q33	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.223702014	0.0716	0.0066	CORRECTO

CAPACIDAD MÁXIMA DEL CAUDAL POR SECCIONES DE VÍAS												
Caudal	Pendiente	Ancho de calzada (m)	Tirante (m)	Bombeo asumido	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	Rugosidad (n)	V (m/s)	Qmax= VxA (m <sup>3</sup> /s)	Qcirculante (m <sup>3</sup> /s)	Verificación
q34	0.0013	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.256668763	0.0821	0.0070	CORRECTO
q35	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.208255241	0.0666	0.0092	CORRECTO
q36	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.245053278	0.0784	0.0038	CORRECTO
q37	0.0014	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.274180766	0.0877	0.0045	CORRECTO
q38	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.200085164	0.0640	0.0037	CORRECTO
q39	0.0008	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.198814769	0.0636	0.0062	CORRECTO
q40	0.0006	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.172451724	0.0552	0.0033	CORRECTO
q41	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.245053278	0.0784	0.0056	CORRECTO
q42	0.0013	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.256668763	0.0821	0.0019	CORRECTO
q43	0.0011	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.241970725	0.0774	0.0034	CORRECTO
q44	0.0010	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.223702014	0.0716	0.0131	CORRECTO
q45	0.0013	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.256668763	0.0821	0.0020	CORRECTO
q46	0.0009	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.213398121	0.0683	0.0201	CORRECTO
q47	0.0015	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.282963153	0.0905	0.0020	CORRECTO
q48	0.0011	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.201321448	0.0362	0.0016	CORRECTO
q49	0.0005	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.134001766	0.0241	0.0029	CORRECTO
q50	0.0016	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.237529062	0.0428	0.0012	CORRECTO
q51	0.0012	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.245053278	0.0784	0.0017	CORRECTO
q52	0.0014	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.225084222	0.0405	0.0015	CORRECTO
q53	0.0004	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.116048934	0.0209	0.0046	CORRECTO
q54	0.0016	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.237529062	0.0428	0.0025	CORRECTO
q55	0.0021	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.331803708	0.1062	0.0017	CORRECTO
q56	0.0023	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.344357281	0.1102	0.0031	CORRECTO
q57	0.0011	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.193778623	0.0349	0.0022	CORRECTO
q58	0.0015	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.279403726	0.0894	0.0015	CORRECTO
q59	0.0096	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.707407881	0.2264	0.0017	CORRECTO
q60	0.0020	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.268003532	0.0482	0.0034	CORRECTO
q61	0.0013	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.215662258	0.0388	0.0020	CORRECTO
q62	0.0028	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.315820516	0.0568	0.0013	CORRECTO
q63	0.0013	8	0.08	2.00%	0.32	8.16	0.039	0.016	0.255059539	0.0816	0.0021	CORRECTO
q64	0.0029	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.318317159	0.0573	0.0007	CORRECTO
q65	0.0019	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.25653372	0.0462	0.0049	CORRECTO
q66	0.0010	6	0.06	2.00%	0.18	6.12	0.029	0.016	0.188318971	0.0339	0.0010	CORRECTO

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.9.8. Conclusiones

Se realizó la comparación de los caudales circulantes con los caudales máximos que puede conducir la vía, determinando que la capacidad máxima de caudal en las vías es mayor a los caudales circulantes por lo que es suficiente la sección hidráulica de la vía para conducir por gravedad las precipitaciones pluviales. El bombeo de diseño para las secciones de todas las calles es de 2%.

#### 3.4.10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Es uno de los estudios que ha tomado mayor importancia en los últimos tiempos sobre los proyectos de ingeniería civil. Este estudio nos permitió investigar y nos dio a conocer los posibles problemas que puedan presentarse durante la ejecución del presente proyecto. Sabiendo los problemas que se nos presentan se plantearon medidas para prevenir y mitigar las acciones perjudiciales para el medio ambiente y el entorno que los rodea.

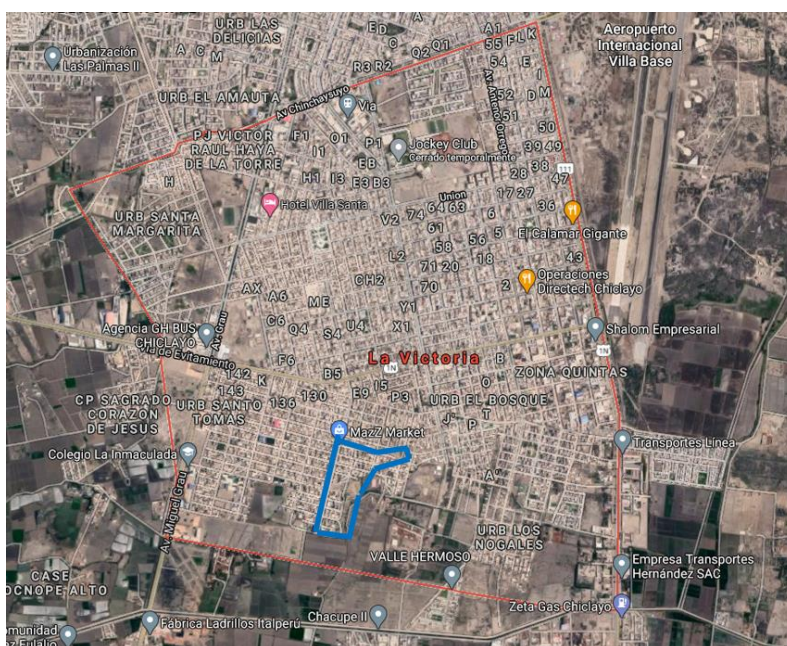
##### 3.4.10.1. Nombre del Proyecto

ANALISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACION DE LAS CALLES  
COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERIMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA  
AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRICOLAS DEL SUR,  
LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020

##### 3.4.10.2. Ubicación del proyecto

Está ubicada en la provincia de Chiclayo, distrito de la Victoria. Este distrito se encuentra en la parte sur de la provincia de Chiclayo presentando un relieve llano. Dentro del distrito de La Victoria y para el sector señalado en la ilustración siguiente se evaluaron los problemas ambientales que pueda presentar el proyecto.

Ilustración 80 Vista Satelital del distrito de La Victoria señalando la ubicación del proyecto



Fuente: Google maps

### 3.4.10.3. Área de influencia

Para delimitar el área de influencia se comienza reconociendo y delimitando el área de realización del proyecto. Habiendo delimitado el área del proyecto se planifica y se evalúa que zonas dentro de la delimitación o aledañas son las que van a presenciar cierta alteración de sus factores ambientales producidas por la construcción del mismo. Para este proyecto se han considerado las siguientes áreas de influencia:

- Directa

El área de influencia directa se define como el espacio físico que comprende el proyecto y que será afectado de manera inmediata por las actividades que en este se generen, es decir, donde los impactos ambientales y sociales se presentarán con mayor intensidad. Para este caso, el área de influencia directa sería las calles que se encuentran comprendidas dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, la Av. Imperio, la Av. Los Incas y los terrenos agrícolas del sur, la zona del proyecto abarca aproximadamente una superficie de 20 ha en los cuales se verán afectados los factores ambientalistas. El área de influencia directa que se ha proyectado se muestra marcada de color naranja en la siguiente imagen.

Ilustración 81 Área de influencia ambiental directa del proyecto



Fuente: Elaboración propia

- Indirecta

El área influencia indirecta está determinada por zonas de accesibilidad al proyecto, factores ambientales, impactos indirectos, etc. El área de influencia indirecta que se ha proyectado se muestra marcada de color azul en la siguiente imagen.

Ilustración 82 Área de influencia ambiental indirecta del proyecto



Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.10.4. Objetivos

Realizar la Estudio del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto "Análisis y diseño para la pavimentación de las calles comprendidas dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, la Av. Imperio, la Av. Los Incas y Los terrenos Agrícolas del sur, La Victoria, Chiclayo, 2020", definiendo los impactos que generan las acciones en cuanto a su fase de construcción y estableciendo las medidas de mitigación a niveles aceptables.

#### 3.4.10.5. Ventajas

La realización de este estudio nos permitió inferir las probables consecuencias futuras que una acción realizada en el proyecto pueda ocasionar en el medio ambiente. Esto nos permite prevenir los problemas ambientales que se pueda presentar en el proyecto como contaminación del aire, agua, ruido, alteración del paisaje, etc.

#### 3.4.10.6. Línea base del proyecto

El presente estudio se realizará para la fase de construcción del proyecto Análisis y diseño para la pavimentación de las calles comprendidas dentro del perímetro de la calle Eloy Ureta, la Av. Imperio, la Av. Los Incas y Los terrenos Agrícolas del sur ubicado en el distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque. Para ello se hace la descripción y análisis de los siguientes componentes.

##### a) Línea de base física

- Precipitación

En la provincia de Chiclayo las precipitaciones son muy bajas, casi siempre por debajo de 50 mm anuales, presentando una mayor probabilidad en marzo.

- Temperatura

La temperatura máxima en la ciudad de Chiclayo es de 33°C y la mínima es de 23°C. El promedio de temperatura normal para Chiclayo, siendo el mes más caluroso en febrero con temperatura de 28.8°C y la más baja es en el mes de septiembre con 15.40°C.

- Calidad del aire

Este factor se ve alterado en la zona de estudio básicamente al transporte público y privado por la emisión de gases contaminantes y por las partículas de tierra que se levantan por el tránsito de estos vehículos, además de las emisiones que se generan debido a otras actividades económicas.

- Geología

“La ciudad de Chiclayo y en general todo el valle Chancay Lambayeque, se encuentra emplazado sobre depósitos de suelos sedimentarios finos, heterogéneos y de unidades estratigráficas recientes; estos depósitos del Cuaternario reciente tienen origen eólico y aluvial y conforman extensas pampas interrumpidas por algunas cadenas de cerros”. [35]

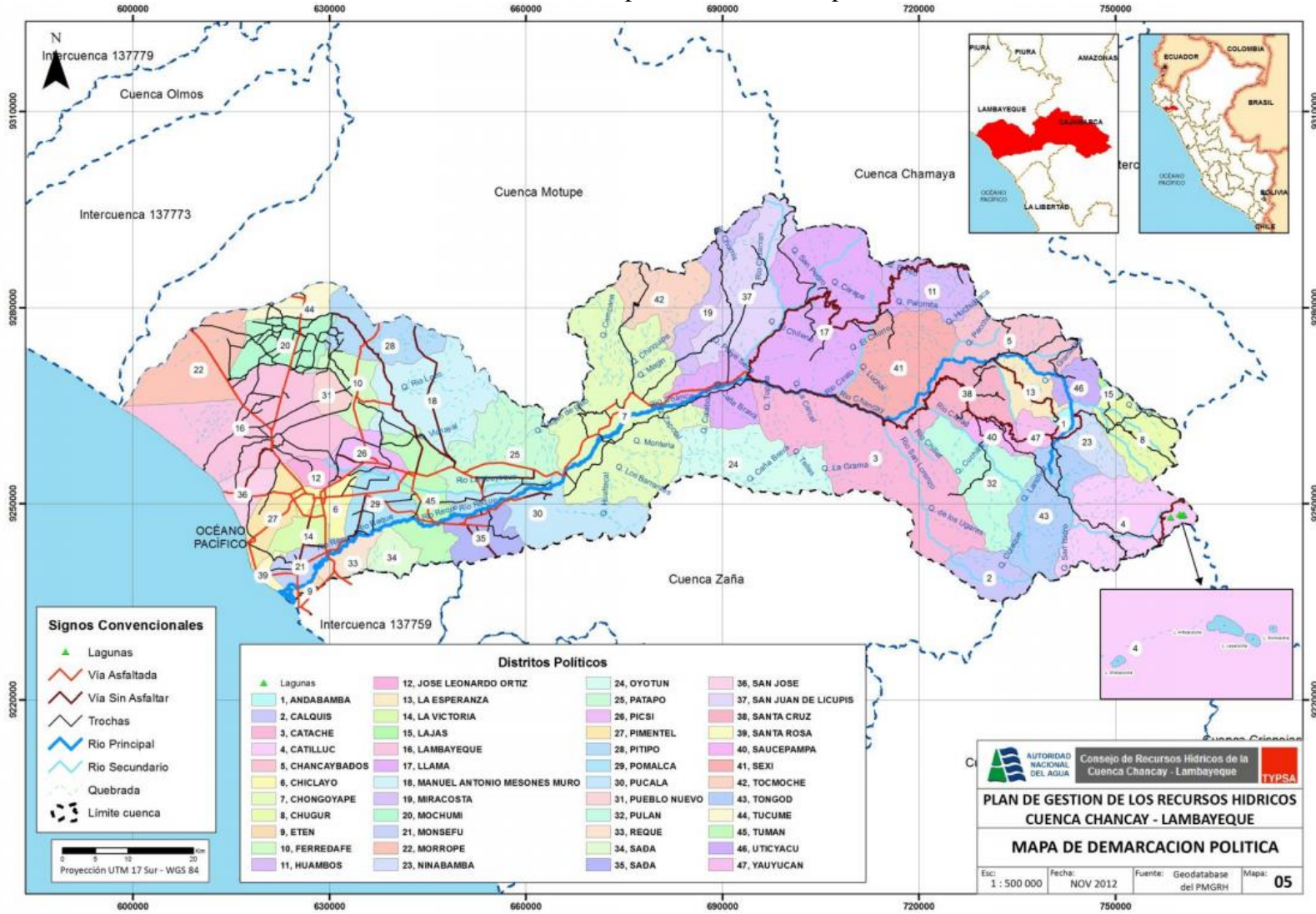
- Uso actual de la tierra

El uso que tiene actualmente la zona en estudio es que sirve en su mayoría de zona urbana para para los pobladores, a excepción de la parte sur que se encuentra Chacupe el cual es un sector con mucha vegetación que se encuentra fuera de los límites del proyecto, pero, relativamente cercano.

- Hidrología

La ciudad de Chiclayo es abastecida por la cuenca Chancay Lambayeque que es la fuente superficial pero también cuenta con fuentes subterráneas como pozos tubulares. Las aguas de la cuenca superficial son captadas por la bocatoma Raca Rumi, que se encargan de trasladarlas hasta el reservorio de tinajones para su posterior distribución a los pobladores, a la agricultura, a las industrias, etc.

Ilustración 83 Mapa de demarcación política



Fuente: Autoridad nacional del agua [36]

b) Línea de base biológica

- Flora

En las calles del proyecto se encuentra una flora poco variada constituida en ciertos lugares por árboles, arbustos y pastizales.

Ilustración 84 Fotografía de la situación actual de la calle N° 5



Fuente: Elaboración propia

- Fauna

En cuanto a la fauna, dentro de la zona del proyecto, no se apreció mucha variedad de especies, a excepción de aves, perros y gatos.

c) Línea base socioeconómica

- Paisajes

El paisaje en la zona del proyecto sufrirá cambios paisajísticos, debido a las actividades de movimiento de tierras en la fase de construcción, por lo que durante este proceso se generará un impacto negativo, pero que sin embargo generará un impacto positivo en la culminación de este.

- Salud

En la etapa de construcción se perjudica a los vecinos principalmente con las

partículas en suspensión que se generan, debido a esto se debe tomar en consideración tomas las precauciones pertinentes para disminuir este efecto.

El área de proyecto no cuenta en sus alrededores un establecimiento de salud por lo que en caso de emergencia se derivará al hospital más cercano que exista fuera de la zona en estudio.

- Empleo

La ejecución del proyecto involucrará a una cantidad importante de mano de obra, esta generación de empleo en toda la duración de obra tendrá un impacto positivo.

- Actividades económicas de la zona en estudio.

La principal actividad económica es el comercio debido a que en esta zona urbana solo se desarrollan actividades de comercio, es decir que hay tiendas de abarrotes, restaurantes, ferreterías, boticas, panaderías, etc.

- Medios Transporte

En la zona de estudio el medio de transporte que es más empleado son vehículos como mototaxis, autos particulares, motos lineales, colectivos, taxis, etc.

d) Diagnóstico arqueológico: CIRA (certificado de inexistencia de restos arqueológicos)

En el área de influencia del proyecto no se evidencia la presencia de restos arqueológicos, históricos y culturales de relevancia.

#### 3.4.10.7. Identificación de impactos ambientales

En esta parte de la EIA se procede a identificar aquellas actividades del proyecto que durante su periodo de ejecución podrían ocasionar alguna alteración ambiental en la zona de estudio. Para esto se ha considerado las siguientes actividades:

a) Definición de fases y actividades del proyecto

Tabla 82 Actividades proyectadas con potencial a causar impacto

ITEM	ACTIVIDADES
	<b>1 ETAPA PRE CONSTRUCTIVA</b>
	<b>1.1 Obras provisionales</b>
1.1.1	Cartel de identificación de obra de 3.60 m x 5.20 m
1.1.2	Habilitación de almacén y caseta de guardianía y servicios
	<b>1.2 Trabajos preliminares</b>
1.2.1	Contratación de compra y/o alquiler de bienes y servicios (maquinaria pesada)
1.2.2	Mobilización y desmovilización de maquinaria y equipos
1.2.3	Mobilización y desmovilización de materiales de construcción e insumos
1.2.4	Limpieza de terreno natural
1.2.5	Trazo, nivelación y replanteo
1.2.6	Barreras, señalización y desvío de tránsito en vía
	<b>2 ETAPA CONSTRUCTIVA</b>
	<b>2.1 Movimiento de tierras</b>
2.1.1	Corte de terreno natural a nivel de subrasante con equipo
2.1.2	Perfilado, compactado y conformación de subrasante
2.1.3	Relleno con material para sub base y base granular
2.1.4	Excavación de zanjas con maquinaria para la instalación de tuberías
2.1.5	Cama de apoyo con arenilla en las tuberías de agua potable
2.1.6	Refine y nivelación de zanjas para agua y alcantarillado
2.1.7	Acarreo y eliminación de material excedente con equipo
	<b>2.2 Pavimentación flexible</b>
2.2.1	Compactación de material para sub base y base granular
2.2.2	Verificación de la nivelación de la sub base y base granular
2.2.3	Colocación del ligante asfáltico
2.1.4	Imprimación de la carpeta asfáltica
2.1.5	Habilitación de la señalización vehicular y peatonal
	<b>2.3 Agua y alcantarillado</b>
2.3.1	Instalación de buzones
2.3.2	Suministro e instalación de tuberías de agua potable y alcantarillado
2.3.3	Prueba hidráulica
	<b>3 MANTENIMIENTO</b>
3.1	Mantenimiento periódico y rutinario del pavimento
	<b>4 SEGURIDAD Y SALUD</b>
4.1	Equipos de protección
4.2	Bioseguridad frente al covid
4.3	Capacitación en seguridad y salud

**Fuente:** Elaboración Propia.

## b) Selección de factores ambientales susceptibles a ser impactados

Se identificaron dichos factores con potencial a ser afectados mostrándose en la siguiente tabla:

Tabla 83 Componentes del ambiente potencialmente afectables

MEDIO	FACTORES
<b>Dimensión física</b>	<b>Calidad Visual</b> Modificación paisajística <b>Suelos</b> Erosión del suelo Relieve y topografía Calidad del suelo Cambio de uso <b>Agua</b> Contaminación de aguas superficiales Contaminación de aguas subterráneas <b>Aire</b> Emisión de gases Partículas en suspensión Aumento de ruido
<b>Dimensión biótica</b>	<b>Flora</b> Árboles, arbustos y otros <b>Fauna</b> Animales
<b>Dimensión socioeconómica</b>	<b>Procesos económicos</b> Empleo Transporte Comercio <b>Procesos sociopolíticos</b> Generación de expectativas Cambios en la seguridad pública <b>Dimensión espacial</b> Cambio en el acceso y movilidad Afectación a la salud pública

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 85 Identificación de impactos en las actividades programadas del proyecto

ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRÍCOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020																																			
MAGNITUD Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo		ETAPA PRE - CONSTRUCTIVA											ETAPA CONSTRUCTIVA											MANTENIMIENTO		BIOSEGURIDAD Y SALUD									
		OBRAS PROVISIONALES		TRABAJOS PRELIMINARES					MOVIMIENTO DE TIERRAS				PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE				AGUA Y ALCANTARILLADO			MANTENIMIENTO		BIOSEGURIDAD Y SALUD													
		Cartel de identificación de obra 3,60 m x5,20m	Habilitación de almacén y caseta de guardería y servicios	Contratación de compra y/o alquiler de bienes y servicios (maquinaria pesada)	Movilización y desmovilización de maquinaria y equipos	Adquisición, movilización y desmovilización de materiales de construcción e insumos	Limpieza de terreno natural	Trazo, nivelación y replanteo	Barreras, señalización y desvío de tránsito en vía	Corte de terreno natural a nivel de subrasante con equipo	Perfilado, compactado y conformación de subrasante	Relleno con material para sub base y base granular	Excavación de zanjas con maquinaria para la instalación de tuberías	Carra de apoyo con arenilla en las tuberías de agua potable	Refino y nivelación de zanjas para agua y alcantarillado	Acarreo y eliminación de material excedente con equipo	Compactación de material para sub base y base granular	Verificación de la nivelación de la sub base y base granular	Colocación del ligante asfáltico	Imprimación de la carpeta asfáltica	Habilitación de la señalización vehicular y peatonal	Instalación de buzones	Suministro e instalación de tuberías de agua potable y alcantarillado	Prueba hidráulica	Mantenimiento de la pavimentación	Equipos de protección	Bioseguridad frente al covid	Capacitación en seguridad y salud							
FACTORES AMBIENTALES	DIMENSIÓN FÍSICA	Calidad visual	Modificación Paisajística	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Suelo	Erosión del suelo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
			Relieve y topografía	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
			Calidad del suelo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
			Cambio de uso	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Agua	Contaminación de aguas superficiales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
		Contaminación de Aguas Subterráneas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
	Aire	Emisión de gases	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Partículas en suspensión	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Aumento de ruido	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
DIMENSIÓN BIOTIC	Flora	Arboles, arbustos y otros	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
	Fauna	Animales	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA	Procesos Económicos	Empleo	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	
		Transporte	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Comercio	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Procesos Sociopolíticos	Generación de expectativas sociales	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Cambios en la seguridad pública	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Dimensión espacial	Cambio en el acceso y movilidad	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Afectación a la salud pública	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.10.8. Evaluación de impactos ambientales

a) Matriz de Leopold

Ilustración 86 Matriz de Leopold para el desarrollo del proyecto con la alternativa seleccionada de pavimentación flexible

<p style="text-align: center;"><b>MAGNITUD</b> Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo</p>		ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CALLE ELOY URETA, LA AV. IMPERIO, LA AV. LOS INCAS Y LOS TERRENOS AGRÍCOLAS DEL SUR, LA VICTORIA, CHICLAYO, 2020																		<p style="text-align: center;"><b>IMPORTANCIA</b> Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado</p>	<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>BIOSEGURIDAD Y SALUD</b></p>							
		ETAPA PRE - CONSTRUCTIVA									ETAPA CONSTRUCTIVA												<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>BIOSEGURIDAD Y SALUD</b></p>					
		OBRAS PROVISORALES			TRABAJOS PRELIMINARES						MOVIMIENTO DE TIERRAS						PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE								AGUA Y ALCANTARILLADO				
		Cartel de identificación de obra 3,60 m x 5,20m	Habilitación de almacén y caseta de guardiana y servicios	Contratación de compra y/o alquiler de bienes y servicios (maquinaria pesada)	Movilización y desmovilización de maquinaria y equipos	Adquisición, movilización y desmovilización de materiales de construcción e insumos	Limpieza de terreno natural	Trazo, nivelación y replanteo	Barreras, señalización y desvío de tránsito en vía	Corte de terreno natural a nivel de subrasante con equipo	Perfilado, compactado y conformación de subrasante	Relleno con material para sub base y base granular	Excavación de zanjas con maquinaria para la instalación de tuberías	Cama de apoyo con arena en las tuberías de agua potable	Refine y nivelación de zanjas para agua y alcantarillado	Acarreo y eliminación de material excedente con equipo	Compacación de material para sub base y base granular	Verificación de la nivelación de la sub base y base granular	Colocación del ligante asfáltico				Impresión de la carpeta asfáltica	Habilitación de la señalización vehicular y peatonal	Instalación de buzones	Suministro e instalación de tuberías de agua potable y alcantarillado	Prueba hidraulica	Mantenimiento periódico y rutinario del pavimento	Equipos de protección
FACTORES AMBIENTALES	Calidad visual	Modificación Paisajística	-1	-2					1	-1	-2																-7.00	-13.00	
				1	2					1		1	2														9.00		
	Suelo	Erosión del suelo											-2	2														-2.00	-4.00
		Relieve y topografía											-6	-1							-2							-14.00	-58.00
		Calidad del suelo																										0.00	0.00
		Cambio de uso																										0.00	0.00
	Agua	Contaminación de aguas superficiales																										0.00	0.00
		Contaminación de Aguas Subterráneas																										0.00	0.00
	Aire	Emisión de gases				-3	-2			-3	-1	-2			-2	-2		-1	-3		-1							-21.00	-47.00
		Partículas en suspensión		-1		-2	-1	-2	-1	-3		-3	-1	-2	-2	-1						1				1		21.00	-39.00
				1		2	1	2	1	3		3	1	2	2	1												19.00	
		Aumento de ruido		-1		-3	-1			-3	-2	-2	-1	-1	-2	-2				-1		-1	-1					-21.00	-41.00
		1		3	1			3	2	2	1	1	2	2				1		1	1					21.00			



#### b) Análisis de la matriz de Leopold

De la matriz de Leopold mostrada en la ilustración anterior se aprecia que el factor ambiental más afectado negativamente es la de relieve y topografía por las excavaciones y cortes que se realizarán en el terreno natural, continuando con factores como la emisión de gases, la generación de las partículas en suspensión y el aumento de ruido producidos por la maquinaria pesada, transporte de material excedente y movilización y desmovilización de materiales. El factor más afectado positivamente es la generación de empleo seguido del comercio que se genera para la obtención de materiales y herramientas.

Con respecto a las actividades, las que generan mayor impacto son el corte de terreno natural a nivel de subrasante con equipo, la excavación de zanjas con maquinaria para la instalación de tuberías y por último la movilización y desmovilización de maquinaria y equipos

#### 3.4.10.9. Plan de participación ciudadana

El realizar una planificación dentro del proyecto que incluya la participación de los ciudadanos permite tener una adecuada relación de ellos con el estado, evitando de esta manera posibles conflictos originados por los pobladores debido a posibles impactos sociales que puedan generarse.

La comunicación a la ciudadanía del proyecto y del estudio de impacto ambiental se manifiestan con talleres participativos, audiencias públicas y accesos a información de estudios ambientales. Realizando estos mecanismos los ciudadanos podrán aportar, sugerir y opinar según su criterio.

#### 3.4.10.10. Plan de manejo ambiental

Permite establecer las medidas preventivas y mitigadoras que presenten una viabilidad económica ante los posibles impactos ambientales de importante significancia originados por las acciones que tendrá el proyecto, de esta manera el proyecto se realizará con una mínima incidencia negativa posible.

#### a) Medidas de mitigación y prevención

A continuación, se muestran las medidas mitigadoras contra el:

#### Incremento de partículas en suspensión

- Se debe humedecer las superficies de trabajo mediante la propagación interdiaria de agua mediante cisternas en la superficie del terreno, permitiendo disminuir considerablemente la dispersión de partículas de polvo en la zona del proyecto y evitando las incomodidades en los pobladores.
- Se debe procurar realizar los trabajos de movimiento de tierras en horas donde la presencia de viento sea mínima, esto también reducirá dispersión de partículas.
- Finalmente, el personal operativo deberá contar con los EPP's necesarios para su protección contra las partículas de dispersión.

#### Incremento de emisiones de gases

- Se debe evaluar la calidad del aire debido a las alteraciones que sufre por la utilización de la maquinaria para las excavaciones, para el transporte de materiales y para la compactación de las capas estructurales del pavimento.

#### Incremento de ruido

- Se debe asegurar la selección de maquinarias con funcionamiento correcto evitando los ruidos y vibraciones en exceso que puedan producirse. También realizar su debido mantenimiento de manera regular para garantizar el funcionamiento normal de las mismas.
- Se debe evitar los trabajos en horarios nocturnos en los que pueda incomodar a los ciudadanos.
- Se debe realizar una programación a fin de no usar simultáneamente los equipos que emitan un ruido considerable.

#### Alteración de la calidad del suelo

- Evitar el derrame de combustibles que perjudiquen a los componentes naturales del suelo.

- Se debe efectuar la limpieza de los lugares de trabajo, dejándola libres de obstáculos. También se realizará la revegetación y la reposición de demoliciones si hubiera casos.

#### Riesgo a la salud pública

- Se debe implementar la gestión de seguridad y salud ocupacional con el fin de evitar incidencias o accidentes de los trabajadores.
- Se debe realizar acciones que permitan el control médico de los trabajadores para garantizar su buena salud y también para prevenir algún tipo de enfermedad ocasionado por actividades del proyecto.

### 3.5.PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

#### Primera fase:

- Visitar el distrito de La Victoria, evaluar y realizar un diagnóstico situacional de la zona del proyecto.
- Recopilar la información bibliográfica.
- Revisar la normativa vigente nacional necesaria para el diseño de las diferentes alternativas de pavimentación.
- Evaluar los factores climáticos de la zona de estudio.

#### Segunda fase:

- Elaborar las hojas de cálculo para los diseños respectivos.
- Realizar el estudio de tráfico y obtener el número de repeticiones de ejes equivalentes.
- Realizar y analizar el estudio de mecánica de suelos.
- Realizar el estudio topográfico del área de estudio.
- Realizar y analizar los planos topográficos.
- Elaborar el análisis estructural de las alternativas de pavimentación.
- Elaborar metrados, costos y presupuestos de las alternativas de pavimentación.
- Realizar una comparación evaluando el diseño y las ventajas de cada alternativa.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental.

Fase final:

- Elaborar los planos definitivos.
- Elaborar las conclusiones y recomendaciones del proyecto.
- Elaborar la evaluación del impacto ambiental.

Para procesar y analizar los datos obtenidos de los estudios correspondientes a las diferentes fases del proyecto se utilizarán los siguientes programas.

❖ **Microsoft Excel 2019:**

En el programa se crearon las tablas pertinentes para el cálculo del número de ejes equivalentes. También se crearon las hojas de cálculo para realizar el diseño estructural de cada tipo de pavimentación.

❖ **Microsoft Word 2019:**

El programa fue necesario para realizar la redacción de todo el informe del proyecto y para la lectura de ciertos documentos bibliográficos.

❖ **Civil 3D y AutoCAD:**

El programa fue necesario para observar la información extraída del estudio topográfico ayudando a plasmar los perfiles del terreno.

❖ **S10 2005:**

El programa fue necesario para el cálculo de la parte financiera de los diseños de pavimentación flexible, intertrabado y rígido.

### 3.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Como investigador, en cuanto a aspectos éticos, estoy respetando la propiedad intelectual de los autores respecto a sus conocimientos e indagaciones, citándolos de manera debida en las referencias bibliográficas. También para validar la inexistencia del proyecto se ha considerado contar con un documento que lo asevere.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para este estudio se trabajó con la información proporcionada por SENAMHI, de la estación reque debido a que es la más cercana al área del proyecto. En esta estación se buscaron las precipitaciones máximas anuales desde el año 1999 hasta el año 2020. Analizando esta información pudimos observar que la precipitación máxima anual fue de 29.8 y se dio en el año 2017 producto del fenómeno del niño.

En cuanto al periodo de retorno, se ha considerado diseñar para un periodo de retorno de 10 debido a que nuestro proyecto pertenece a un sistema de drenaje urbano menor y para dicho sistema la OS 060 indica periodos de retorno entre 2 y 10.

Se realizaron la evaluación de 4 distribuciones, las precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 10 años no varían mucho, sin embargo, se elige la mayor de todas, determinando que la más conservadora fue la distribución de gamma 2 parámetros.

La ecuación de la intensidad máxima resultó la siguiente:  $I = \frac{16.001 * X^{0.308}}{t^{0.538}}$ , el tiempo de concentración fue de 19.56 min y la estimación de caudales circulantes se calcularon con el método racional según como lo indica la OS.060.

### 4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Para este estudio se evaluaron dos puntos de control en la zona del proyecto, resultando la de mayor tráfico vehicular la estación uno que fue en la intersección de las calles Varayoc con Manuel Mesones Muro. La fecha en la que se realizó fue desde el 8 al 14 de marzo. Debido a que el presente estudio de tráfico se realizó cuando los días domingos había restricciones de circulación para vehiculares particulares por la pandemia, se asumió para el día domingo un tráfico vehicular igual al del día viernes. Se contaron vehículos como motos lineales y mototaxis las cuales fueron convertidas a equivalentes en automóviles. Se consideraron factores de crecimiento poblacional y de crecimiento del PBI de 0.5% y 2.3% respectivamente. El IMDA resultó 150 y con la proyección a 20 años resultó 182. Se notó con el estudio de tráfico que el 94% de los vehículos que transitan son vehículos ligeros y apenas el 6% son vehículos pesados. Finalmente, los resultados del ESAL de diseño para

pavimento flexible y rígido fueron de 15 7176 y 160 013 respectivamente.

#### 4.3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Para este estudio se realizaron 9 exploraciones a cielo abierto, las cuales fueron enumeradas y fueron llevadas al laboratorio para realizarles los respectivos ensayos. Los ensayos que se realizaron fueron los siguientes: granulometría, límites de Atterberg, clasificación de suelos, humedad natural, proctor modificado y CBR. A continuación, se muestra un cuadro resumen con los resultados obtenidos de los ensayos.

Ilustración 87 Resumen de los ensayos de laboratorio

CALICATA	MUESTRA	CBR (95%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN	
			Pasa tamiz N° 40	Pasa tamiz N° 200	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
C-01	M1	9.2 %	65.22	45.12	28.16	16.8	11.36	SC	A-6 (3)
C-02	M1	10.3 %	37.5	27.74	35.48	19.85	15.63	SC	A-2-6 (1)
C-03	M1	7.9 %	90.8	76.05	36.16	17.05	16.11	CL	A-6 (12)
C-04	M1	7.3 %	96.53	76.08	23.97	14.14	9.83	CL	A-4 (8)
C-05	M1	7.5 %	98.11	75.45	23.71	14.16	9.55	CL	A-4 (8)
C-06	M1	10.2 %	96.78	39.83	21.53	13.25	8.28	SC	A-4 (1)
C-07	M1	8.5 %	97.42	75.9	23.76	14.69	9.07	CL	A-4 (8)
C-08	M1	9.3 %	92.55	76.95	38.38	18.35	20.00	CL	A-6 (12)
C-09	M1	9.1 %	93.3	79.6	35.16	17.04	18.12	CL	A-6 (11)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de los ensayos nos permiten utilizar al suelo natural como subrasante en el proyecto de pavimentación.

#### 4.4. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

En la exploración a campo en la zona del proyecto se pudo observar que la topografía en su mayoría no presenta pendientes muy pronunciadas a excepción de ciertos lugares donde se observó ciertas elevaciones en el terreno natural. El estudio topográfico se realizó el día 19

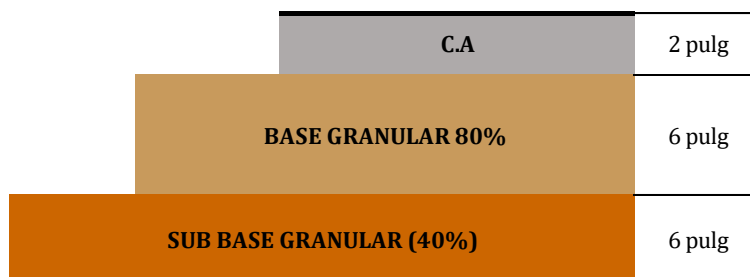
de abril del 2021 con un GPS diferencial Leica GS18. Cabe resaltar que el equipo con el que se realizó la topografía es moderno y cuenta con alta precisión y con corrección automática a la inclinación. En campo durante el proceso de la topografía se tomaron secciones transversales cada 5 metros en cada una de las calles del proyecto para mayor precisión, de este se obtuvieron 2330 puntos de lectura con el equipo el cual nos permitió obtener el plano en planta, curvas de nivel, el kilometraje total del proyecto y la longitud y ancho de cada una de las calles. Las calles del proyecto tienen un ancho de entre 6.00 m y 8.00 m, además se sabe que el kilometraje total es de 4.4 km y tiene una superficie total de calles a pavimentar de 32 443.14 m<sup>2</sup>.

#### 4.5.DISEÑO ESTRUCTURAL

##### **Flexible:**

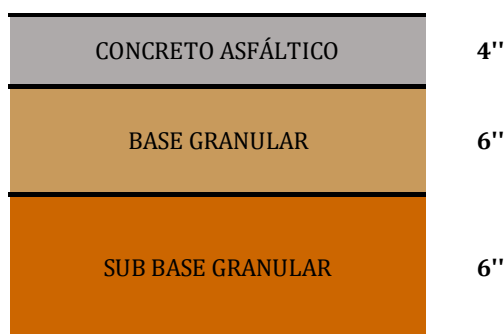
Se realizó el diseño estructural mediante los métodos AASHTO e Instituto del asfalto obteniendo los siguientes espesores como resultados:

##### AASHTO:



Fuente: Elaboración propia

##### INSTITUTO DEL ASFALTO



Fuente: Elaboración propia

Ya que los dos espesores cumplen con los diseños y los espesores mínimos especificado en el MTC, se optó por tomar el diseño más económico que fue el diseño realizado por AASHTO.

### **Intertrabado:**

Se realizó el diseño estructural mediante la metodología ICPI teniendo como espesor final el siguiente:

Adoquin	Adoquin	Adoquin	8 cm	3"
Cama de arena			4 cm	1.6"
Base granular			28 cm	11"

Fuente: Elaboración propia

### **Rígido:**

Se realizó el diseño estructural con la metodología AASHTO y PCA teniendo un mismo espesor final para ambos:

Losa de concreto	15 cm	6"
Sub base granular	15 cm	6"

Fuente: Elaboración propia

## 4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para esta comparación se determinó no tomar partidas comunes ni partidas de poca variación entre las alternativas de pavimentación como, por ejemplo: cartel de obra, limpieza de terreno, nivelación, trazo y replanteo, etc. Se determinó que para la fase de construcción de las partidas consideradas para la comparación el pavimento flexible tiene un costo de S/. 714 027.57, el pavimento intertrabado de S/. 3 229 482.77 y el pavimento rígido de S/. 3 927 739.95. Ahora para la fase de mantenimiento se realizó una programación anual de mantenimiento rutinario y periódico para cada alternativa obteniendo costos para el

pavimento flexible de S/. 848 815.31, para el intertrabado de S/. 592 313.85 y para el pavimento rígido de S/. 515 455.38.

#### 4.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE PAVIMENTACIÓN

Se consideró la mejor alternativa para la zona a la pavimentación flexible, debido a que es la que presenta menor costo a nivel de todo el proyecto, es decir sumando costos de ejecución y de mantenimiento. Pese a que esta alternativa de pavimentación flexible no es la que mejor funciona estructuralmente, si es la mejor se puede adecuar a las condiciones del proyecto, debido a que es más económico y la carga vehicular de diseño es baja por lo que no será óptimo la elección del pavimento rígido por su costo más elevado y porque su capacidad estructural con los espesores mínimos que te indica el MTC será mucho mayor a la requerida.

#### 4.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL SUPERFICIAL

Para el diseño del drenaje pluvial se realizó la verificación de que el  $Q_{\text{máx}}$  sea mayor al  $Q_{\text{circulante}}$ . Para el diseño se tomó un bombeo del 2% en cada una de las calles y en todas se cumplió la verificación cumpliendo con solamente con la sección hidráulica de la vía (sin canaletas).

#### 4.9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó este estudio de la alternativa seleccionada obteniendo como los principales factores negativos son la alteración del relieve y la topografía, la emisión de gases, la generación de partículas en suspensión y el aumento de ruido producidos por las diferentes actividades rutinarias del proyecto. Para disminuir los impactos generados se plantearon medidas mitigadoras descritas anteriormente en el desarrollo del estudio de impacto ambiental. Como impacto positivo tenemos la generación de empleo y de comercio que beneficiará a una cantidad importante de personas. Así mismo se plantea realizar una planificación de participación ciudadana para mantener a los pobladores informados y que se sientan partícipes del proyecto evitando de esta manera disturbios o problemas entre trabajadores y pobladores.

## V. CONCLUSIONES

1. Del estudio de tráfico se concluyó que el número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) para el pavimento flexible y para el rígido, obteniendo valores de 157 176 y 160 013 respectivamente.
2. Del estudio topográfico se concluyó que el volumen de excavación para el pavimento flexible fue de 13 065.35 m<sup>3</sup>, para el pavimento intertrabado fue de 14 687.51 m<sup>3</sup> y para el pavimento rígido 11 443.19 m<sup>3</sup>. De esta manera se determinó que el pavimento intertrabado es la alternativa que presenta el mayor movimiento de tierras en excavaciones seguido del pavimento flexible y del rígido con un 11% y 22% menos respectivamente de terreno natural a excavar. El área de las vías a pavimentar es de 32 443.14 m<sup>2</sup>.
3. Del estudio de mecánica de suelos se concluyó que para el diseño se utilizó el CBR menor compactado al 95% obtenido en los ensayos de laboratorio el cual resultó 7.3% de la calicata N° 04. También se concluye que en su mayoría el suelo de la subrasante está conformada por arcillas de mediana plasticidad.
4. Del diseño estructural se concluyó espesores para el pavimento flexible con el método AASTHO de 2'' para la carpeta de rodadura, 15 cm para la base y 15 cm para la sub base; para el pavimento intertrabado con el método ICPI de 8 cm para el adoquín, 4 cm para la cama de arena y 28 cm para la base granular; para el pavimento rígido con el método AASHTO de 15 cm para la losa de concreto y 15 cm para la sub base granular.
5. Del estudio económico se concluyó: el que presenta mayor costo de construcción es el pavimento rígido seguido del pavimento intertrabado y del flexible con un costo menor a este en 18% y 31% respectivamente. El que presenta mayor costo de mantenimiento es el pavimento flexible, seguido del intertrabado y del rígido con un costo menor a este en 30% y 39% respectivamente.
6. Se concluyó que la de pavimentación flexible es la mejor alternativa de pavimentación debido a que presentó los menores costos a nivel de todo el proyecto debido al bajo tránsito vehicular que circula por la zona siendo la que mejor se adecua a la situación del proyecto.
7. Del sistema de drenaje superficial se concluyó que se desarrollará por escurrimiento

superficial de vías con un bombeo de 2% en las calles del proyecto hasta desembocar en el canal Tocnope.

8. Del estudio de impacto ambiental se concluyó que los factores ambientales negativos más afectados fueron la alteración del relieve y topografía, la emisión de gases, la generación de partículas en suspensión y el aumento de ruido, pero, esto será controlado mediante el cumplimiento del plan de manejo ambiental. Los factores ambientales más positivos fueron la generación de empleo y el comercio. La matriz de Leopold tuvo como resultado un valor de 128, el cual indica un impacto medio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar los mantenimientos a las vías, debido a que los costos disminuyen significativamente cuando se realiza un mantenimiento constante a cuando se interviene cuando ya hay problemas más graves.
2. Debido a que el éxito del proyecto no solo depende del diseño, se recomienda contar con una supervisión rigurosa de la obra de acuerdo al diseño del proyectista.
3. Se recomienda tomar muy en cuenta las medidas mitigadoras propuestas, a fin de reducir los posibles impactos que pueden ser generados al medio ambiente. También cumplir con el plan de participación ciudadana a fin de integrar a los pobladores y mantener una buena relación entre trabajadores y pobladores.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. D. RAMIREZ ROJAS y R. J. ZAVALETA ALVARADO, Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector VI C - El Milagro Trujillo - La libertad, Trujillo: UPAO, 2017.
- [2] D. PUELLES CASTILLO, Diseño de la carretera vecinal tramo Cedro – cruce molino, distrito de Huarango, provincia San Ignacio – Cajamarca - 2018, Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
- [3] M. A. AZAR y M. A. Tapia, «Detección de Averías Viales Mediante IoMT Aplicada a Smart Cities,» *Universidad Nacional de Jujuy*, p. 9, 2018.
- [4] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, «ASEFMA recuerda que el deterioro de los pavimentos en las carreteras españolas incide en la conducción,» *ASEFMA*, 16 Abril 2014.
- [5] C. VARGAS SOBRADO y A. ULATE CASTILLO, «Control de polvo en caminos no pavimentados,» *Boletín Técnico*, vol. 9, p. 10, 2018.
- [6] W. GMBH, Cold Recycling Technology, Windhagen, 2012.
- [7] REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, Lima, 2010.
- [8] F. SANCHEZ SABOGAL, «Modulo 1: Introducción al diseño de pavimentos,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-1-introduccion-al-diseo-de-pavimentos>.
- [9] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Manual de ensayo de materiales, Lima, 2016.
- [10] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, AASHTO GUIDE for design of pavement structures, Washintong D.C., 1993.
- [11] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima, 2013.
- [12] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, «IMDA Índice Medio Diario Anual,» 15 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>.
- [13] C. A. YOVERA ADANAQUÉ, Análisis comparativo de los pavimentos flexible, rígido y articulado para la Av. Ignacia Schaeffer-Distrito de Tambogrande-Departamento de Piura, Piura: Universidad Nacional de Piura, 2018.
- [14] D. A. VEGA PÉRRIGO, Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (KM 1+000 a 2+000), Lima, 2018.
- [15] T. A. INSTITUTE, THICKNESS DESIGN: Asphalt Pavements for Highways and Streets, Lexington, 1991.
- [16] F. SÁNCHEZ SABOGAL, Modulo 14: Diseño pavimentos de adoquines, 2016.
- [17] REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, «Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano,» Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- [18] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Manual de hidrología, hidraulica y drenaje, 2008.
- [19] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Proyecto especial de infraestructura de transporte nacional, Lima, 2015.
- [20] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, «LAMBAYEQUE,» Lima, 2018.
- [21] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, «Producto Bruto Interno Por Departamentos - Instituto Nacional de Estadística e Informática,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>.

- [22] J. A. DELGADO ROJAS y D. A. GONZALES BALLENA, DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN PARA EL ÁREA URBANA DEL CENTROPOBLADO DE PAMPA GRANDE, DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [23] A. BURGA MARRUDO y O. CHÁVEZ VILLALOBOS, Diseño de pavimento en la urbanización Santa María Distrito de José Leonardo Ortiz-Chiclayo-Lambayeque, Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2015.
- [24] G. Corredor M., Experimento Vial de la AASHTO y las guías de diseño AASTHO, Universidad Nacional De Ingeniería.
- [25] A. MONTEJO FONSECA, Ingeniería de pavimentos para carreteras, Bogotá DC, 2002.
- [26] F. SANCHEZ SABOGAL, Modulo 13: Diseño de pavimentos rígidos para calles y carreteras, 2012.
- [27] C. A. MARTÍNEZ ALARCÓN, Programa de especialización en ingeniería de pavimentos, Bogotá: Univerdidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [28] F. SÁNCHEZ SABOGAL, Administración de pavimentos, Módulo 12, 2012.
- [29] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Estudio definitivo de la carretera Ilave - Mazocruz Tramo: Ilave-San Antonio de Checca, Lima: Provías Nacional, 2010.
- [30] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Estudio definitivo de ingeniería rehabilitación y mejoramiento de la carretera Patahuasi-Yauri-Sicuaní, Tramo: Negromayo-Yauri-San Genaro, Cusco: Programa de mejoramiento de la transitabilidad de la red vial nacional, 2015.
- [31] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Quinua - San Francisco Tramo: Km 78+500-Km 172+420, Lima: Provías Nacional, 2010.
- [32] C. F. VILCEHZ ALVA, Análisis comparativo de costos entre pavimento rígido y flexible de las vías alternas carretera marginal tramo óvalo Rondero - Bajo Portillo, Satipo, Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2020.
- [33] R. J. MIRANDA REBOLLEDO, Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, Valdivia - Chile: Universidad de Chile, 2010.
- [34] C. Y. S. MINISTERIO DE VIVIENDA, Modificación de la norma técnica O.S. 060 drenaje pluvial urbano a norma técnica C.E. 040 drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones, Lima: Resolución ministerial N° 126-2021 - Vivienda, 2021.
- [35] INDECI, Plan de prevención ante desastres: Usos del suelo y medidas de mitigación ciudad de Chiclayo, CHICLAYO, 2003.
- [36] A. N. d. Agua, DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO DE LA GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA CUENCA CHANCA Y-LAMBAYEQUE, Chiclayo, 2012.
- [37] MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LA VICTORIA, «II Etapa: mejoramiento de la infraestructura vial y peatonal de calles adyacentes: calle 02, calle 03, calle 07, calle 08, calle 09, Av. Pachacamac (Tramo Av. Incas-Ca. Mayta Capac) y pasajes 06, 07, 08, 09, 10, 11 del PPJJ 1° de junio,» Chiclayo-La Victoria, 2017.
- [38] J. F. ARIAGA GARIBAY, Diseño del pavimento para la carretera Acapulco-San Marcos, México DF: Instituto politécnico nacional, 2015.
- [39] J. P. OSPINA CAMACHO, Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del espinal - Departamento del Tolima, Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia, 2018.
- [40] M. d. P. GALLARDO FIGUEROA y M. D. PESCORAN CAMPOS, Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible y pavimento rígido para la avenida Larco tramo avenida Huamán y avenida Fátima de la ciudad de Trujillo, Trujillo: UPAO, 2019.
- [41] R. S. CHÁVEZ OBREGÓN, Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez, de la

vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima, Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2018.

- [42] L. A. ZELADA ROJAS, Diseño de 1 km. de pavimento, carretera Juliaca - Puno (Km 44+000 - Km 45+000), Puno: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.
- [43] A. BECERRA FERNANDEZ y J. UGAZ MEDINA, Estudio de la pavimentación de los pueblos jóvenes del sur, del distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo-Departamento de Lambayeque, Chiclayo: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2015.
- [44] B. M. BURGOS VASQUEZ, Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta S/R: Santa Elvira-El Arenal, en la comuna de Valdivia, Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2014.
- [45] M. D. T. Y. COMUNICACIONES., Modificación de la Norma Técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano a Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, 2021.
- [46] E. A. CALLA MAMANI, Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca-Azángaro, Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.