



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE
LA AV. SAENZ PEÑA INTERSECCIÓN CON AV.
AUGUSTO B. LEGUÍA – AV. SAN MARTÍN
INTERSECCIÓN CON AV. CHICLAYO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Autores:

Br. Christian Alexander Sebastian, Cotrina Cueva

Br. Yan Paúl, Hernández Effio

Asesora:

MSc. Ana María, Guerrero Millones

Línea de Investigación:

Ingeniería de procesos – Ingeniería de Caminos

Pimentel – Perú

2018

TESIS

“EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AV. SAENZ PEÑA
INTERSECCIÓN CON AV. AUGUSTO B. LEGUÍA – AV. SAN MARTÍN
INTERSECCIÓN CON AV. CHICLAYO”

Aprobado por:

Msc. Ana María Guerrero Millones
Asesora Metodóloga

Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta
Presidente del jurado de tesis

Mg. Ing. Nepton David Ruiz Saavedra
Secretario del jurado de tesis

Mg. Ing. Pedro Ballena del Rio
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A Dios por darme la claridad en cada una de mis decisiones tomadas hasta ahora, pudiendo llegar a este objetivo, que con tanto énfasis y esmero estoy realizando.

A mi padre José Cotrina Díaz por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi vida.

A mi madre Natividad Cueva Valdez por cada una de sus enseñanzas y la fortaleza que recibí gracias a ellas.

A mi hermana y tías por sus consejos y apoyo en todo momento de todas las etapas que vengo concluyendo hasta ahora.

Christian Alexander Sebastián.

Dios por permitir seguir adelante con las metas propuestas y no dejarme flaquear a pesar de las adversidades que la vida como tal nos presenta.

A mis queridos padres y abuelos quienes son el pilar y motivo de toda mi vida ya que sin ellos todo sería más complicado.

Al Ing. Nepton David Ruiz Saavedra quien nos ayudó desinteresadamente al desarrollo de este proyecto de investigación.

Yan Paúl.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la municipalidad distrital José Leonardo Ortiz por su colaboración en los permisos otorgados para los distintos estudios realizados en las avenidas puestas en estudio en la presente investigación.

Un agradecimiento especial al ingeniero Nepton David Ruiz Saavedra por aportar y guiar con sus conocimientos técnicos y científicos a la realización del presente informe de investigación.

Al técnico Wilson Olaya Aguilar, encargado del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la Universidad Señor de Sipán, por su colaboración guiada en los diferentes ensayos realizados para esta investigación.

A todos los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil de nuestra casa de estudio que formaron parte de nuestra formación y contribuyeron a llegar a la meta de formar parte de esta hermosa profesión como lo es la ingeniería civil.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 1.1 Situación problemática..... | 13 |
| 1.1.1 A nivel internacional..... | 13 |
| 1.1.2 A nivel nacional..... | 14 |
| 1.1.3 A nivel local..... | 15 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 17 |
| 1.3 Objetivos de la investigación..... | 17 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 17 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 1.4 Justificación e Importancia..... | 17 |
| 1.5 Antecedentes de la investigación..... | 18 |
| 1.5.1 A nivel internacional..... | 18 |
| 1.5.2 A nivel nacional..... | 19 |
| 1.5.3 A nivel local..... | 20 |
| 1.6 Marco teórico..... | 20 |
| 1.6.1 Bases teóricas científicas..... | 20 |
| 1.6.2 Estado del Arte..... | 56 |
| 1.6.3 Definición de términos básicos..... | 56 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 59 |
| 2.1 Tipo y diseño de la investigación..... | 60 |
| 2.1.1 Tipo de la investigación..... | 60 |
| 2.1.2 Diseño de la investigación..... | 60 |
| 2.2 Método de investigación..... | 60 |
| 2.3 Población y muestra..... | 61 |
| 2.3.1 Población..... | 61 |
| 2.3.2 Muestra..... | 61 |
| 2.4 Variables..... | 61 |
| 2.4.1 Variable independiente..... | 61 |
| 2.4.2 Variable dependiente..... | 61 |
| 2.5 Operacionalización..... | 61 |
| 2.6 Hipótesis..... | 67 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 2.7 | Técnicas de recolección de datos..... | 67 |
| 2.8 | Instrumentos de recolección de datos | 67 |
| 2.8.1 | Guías de observación..... | 67 |
| III. | RESULTADOS | 70 |
| 3.1 | Estudio Topográfico..... | 71 |
| 3.2 | Estudio de Tráfico | 72 |
| 3.3 | Ensayo de mecánica de suelos | 73 |
| 3.3.1 | Densidad Neutral ó In-Situ | 74 |
| 3.3.2 | Contenido de humedad | 74 |
| 3.3.3 | Granulometría | 76 |
| 3.3.4 | Límites de Atterberg | 77 |
| 3.3.5 | Sales solubles totales..... | 78 |
| 3.3.6 | Ensayo de abrasión..... | 79 |
| 3.3.7 | Ensayo de lavado asfáltico..... | 79 |
| 3.3.8 | Estabilidad y flujo Marshall | 80 |
| 3.3.9 | Equivalente de arena..... | 80 |
| 3.3.10 | Partículas chatas y alargadas | 81 |
| 3.3.11 | Proctor Estándar | 82 |
| 3.3.12 | Clasificación de los estratos..... | 82 |
| 3.4 | Propuesta de re-diseño del pavimento | 84 |
| 3.4.1 | Estudio de tráfico..... | 84 |
| 3.4.2 | Estudio topográfico..... | 84 |
| 3.4.3 | Evaluación de las redes existentes | 84 |
| 3.4.4 | Estudio de la sub rasante | 85 |
| 3.4.5 | Estudio de canteras..... | 90 |
| 3.4.6 | Diseño geométrico | 92 |
| 3.4.7 | Diseño del pavimento | 93 |
| 3.4.8 | Sistema de drenaje pluvial | 94 |
| 3.4.9 | Impacto ambiental | 95 |
| 3.4.10 | Costo..... | 99 |
| 3.4.11 | Presupuesto | 100 |
| 3.4.12 | Operación y mantenimiento | 100 |
| IV. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 102 |
| 4.1 | Estudio Topográfico..... | 103 |
| 4.2 | Estudio de Tráfico | 103 |
| 4.3 | Ensayo de mecánica de suelos | 103 |
| 4.3.1 | Densidad in- Situ | 103 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.3.2 | Contenido de humedad | 103 |
| 4.3.3 | Granulometría | 103 |
| 4.3.4 | Límites de Atterberg | 104 |
| 4.3.5 | Sales solubles totales..... | 104 |
| 4.3.6 | Ensayo de abrasión..... | 105 |
| 4.3.7 | Ensayo de lavado asfáltico..... | 105 |
| 4.3.8 | Estabilidad y flujo Marshall | 105 |
| 4.3.9 | Equivalente de arena..... | 106 |
| 4.3.10 | Partículas chatas y alargadas | 106 |
| 4.3.11 | Proctor Estándar y CBR..... | 106 |
| 4.4 | Propuesta de re-diseño del pavimento | 107 |
| 4.4.1 | Estudio de tráfico..... | 107 |
| 4.4.2 | Estudio topográfico..... | 107 |
| 4.4.3 | Evaluación de las redes existentes | 107 |
| 4.4.4 | Estudio de la sub rasante | 107 |
| 4.4.5 | Estudio de canteras..... | 107 |
| 4.4.6 | Diseño geométrico | 107 |
| 4.4.7 | Diseño del pavimento..... | 107 |
| 4.4.8 | Sistema de drenaje pluvial | 108 |
| 4.4.9 | Impacto ambiental..... | 108 |
| 4.4.10 | Costo..... | 108 |
| 4.4.11 | Presupuesto | 108 |
| 4.4.12 | Operación y mantenimiento | 108 |
| V. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 109 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 110 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 111 |
| VI. | REFERENCIAS: | 112 |
| | ANEXOS..... | 115 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1: Deterioro de la Av. Sáenz Peña.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 2 Estructura del pavimento flexible</i> | <i>24</i> |
| <i>Figura 3: Procedimiento para determinar los espesores estructurales de las capas de un pavimento flexible</i> | <i>34</i> |
| <i>Figura 4: Abaco de relación del factor K y CBR.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Figura 5: Plano en planta de las avenidas en estudio</i> | <i>71</i> |
| <i>Figura 6 Estratos de la calicata N°01.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 7 Estatigrafía de la calicata N°01.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 8: Detalle del pavimento rígido</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura 9: Detalle del pavimento flexible</i> | <i>94</i> |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Requerimientos granulométricos para bases granulares | 21 |
| Tabla 2 Requerimientos de CBR para bases granulares | 21 |
| Tabla 3 Requerimientos agregado grueso | 22 |
| Tabla 4 Requerimientos agregado fino | 23 |
| Tabla 5 Requerimientos granulométricos para sub bases granulares | 23 |
| Tabla 6 Requerimientos de ensayos especiales | 24 |
| Tabla 7: Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales..... | 31 |
| Tabla 8: Confiabilidad y desviación estándar | 32 |
| Tabla 9 Índice de serviciabilidad..... | 33 |
| Tabla 10 Capacidad de drenaje para remover la humedad..... | 35 |
| Tabla 11 Valores de m recomendados para los coeficientes de capa modificados de base y sub-base en pavimentos flexibles | 35 |
| Tabla 12 Valores de PSI y calificación de la serviciabilidad | 38 |
| Tabla 13 Coeficientes de transferencia de carga..... | 39 |
| Tabla 14 Módulo de ruptura recomendados | 39 |
| Tabla 15 Correlación entre tipo de material, CBR y K..... | 40 |
| Tabla 16 Tipos de sub-rasante y valores aproximados de k | 41 |
| Tabla 17 Valores de Cd recomendados por AASHTO para pavimentos rígidos | 41 |
| Tabla 18 Tamices y aberturas | 52 |
| Tabla 19 Operacionalización de variable independiente..... | 62 |
| Tabla 20 Operacionalización de la variable dependiente..... | 64 |
| Tabla 21 Guía de análisis documental | 68 |
| Tabla 22 Resumen de conteo de vehículos Av. Saenz Peña..... | 72 |
| Tabla 23 Resumen de conteo de vehículos Av. San Martín | 72 |
| Tabla 24 Densidad Neutral o in-situ | 74 |
| Tabla 25 Contenido de humedad..... | 75 |
| Tabla 26 Análisis Granulométrico por tamizado | 76 |
| Tabla 27 Límites de Atterberg | 77 |
| Tabla 28 %Sales Solubles Totales..... | 78 |
| Tabla 29 % De desgaste a la abrasión..... | 79 |
| Tabla 30: Contenido de asfalto en la carpeta asfáltica | 79 |
| Tabla 31 Resultados del ensayo Marshall..... | 80 |
| Tabla 32: Equivalente de arena..... | 81 |
| Tabla 33: Partículas chatas y alargadas | 81 |
| Tabla 34 Proctor y CBR..... | 82 |
| Tabla 35 Clasificación Base, Sub Base (compuesta por arenilla) | 83 |
| Tabla 36 Comparación del expediente técnico y lo ejecutado. | 84 |
| Tabla 37 Densidad Neutral o in-situ..... | 85 |
| Tabla 38 Contenido de humedad..... | 86 |
| Tabla 39 %Sales Solubles Totales..... | 87 |
| Tabla 40 Análisis granulométrico por tamizado..... | 88 |
| Tabla 41 Proctor y CBR..... | 88 |
| Tabla 42: Clasificación del terreno natural de los distintos estratos I..... | 89 |
| Tabla 43 Clasificación del terreno natural de los distintos estratos II..... | 90 |
| Tabla 44: Matriz de identificación..... | 96 |
| Tabla 45 Granulometría de los agregados para base de concreto asfáltico poroso | 104 |

RESUMEN

En las intersecciones de las avenidas Sáenz Peña – Augusto B. Leguía y las avenidas San Martín – Av. Chiclayo debido a su deterioro genera grandes cantidades de expansión de sustancias particuladas afectando a los vecinos de la zona; con el presente estudio se plantea generar un nuevo diseño del pavimento y con este mitigar el daño que afecta a los vecinos de las cuadras en mención.

Esta investigación es de tipo cuantitativa y diseño experimental, por haber realizado ensayos in situ y en laboratorio, obteniendo resultados para su posterior comparación con la norma.

En la evaluación de redes de agua potable y alcantarillado se determinó que las tuberías ya cumplieron con la vida útil para la cual fueron diseñadas y la renovación de estas tuberías tiene un valor de S/. 827,004.44 (Son: Ochocientos veintisiete mil cuatro con 44/100 nuevos soles).

Los resultados obtenidos en la investigación para la evaluación del pavimento ya existente demuestran que características indicadas en el expediente técnico ejecutado en el 2016 no son la misma que observamos en el estudio de puntos de exploración, por tal motivo se realizó la elaboración de un nuevo diseño de pavimento que comprende pavimento rígido en la Av. Sáenz Peña y Flexible en la Av. San Martín, el cual tiene un monto de S/. 6'115,226.23 (Son: Seis millones ciento quince mil doscientos veintiséis con 23/100 nuevos soles).

Palabras claves: Evaluación, Fallas, Infraestructura, Pavimento.

ABSTRACT

At the intersections of the Saenz Peña - Augusto B. Leguía avenues and the San Martin - Av. Chiclayo avenues, due to its deterioration, it generates large amounts of expansion of particulate substances affecting the residents of the area; with the present study it is proposed to generate a new design of the pavement and with this to mitigate the damage that affects the neighbors of the blocks in mention.

This research is of quantitative type and experimental design, for having carried out in situ and laboratory tests, obtaining results for its later comparison with the norm.

In the evaluation of drinking water and sewerage networks, it was determined that the pipes have already fulfilled the useful life for which they were designed and the renovation of these pipes has a value of S / . 827,004.44 (They are: Eight hundred twenty-seven thousand four with 44/100 nuevos soles).

The results obtained in the investigation for the evaluation of the existing pavement show that the characteristics indicated in the technical file executed in 2016 are not the same as we observed in the study of exploration points, for this reason the elaboration of a new design was carried out. of pavement that includes rigid pavement in Av. Sáenz Peña and Flexible in Av. San Martin, which has an amount of S / .6'115,226.23 (They are: Six million one hundred and fifteen thousand two hundred and twenty six with 23/100 nuevos soles).

Keywords: Evaluation, Failure, Infrastructure, Pavement.

I.

INTRODUCCIÓN

1.1 Situación problemática.

1.1.1 A nivel internacional.

El aumento demográfico global conlleva a las personas buscar nuevos territorios donde poder vivir y establecerse; originando de esta manera una expansión territorial muchas veces descontrolada habilitando así nuevos caminos o carreteras de acceso a los mismos; la falta de mantenimiento y muchas el inadecuado uso de estos pavimentos genera el deterioro de estas reduciendo así su vida útil para la que fue diseñada.

Una socavación de gran magnitud se formó en una avenida de cinco carriles en el centro de una de las ciudades más grandes de Japón. El colapso de la vía comenzó en la madrugada del 8 de noviembre del 2016 y se produjo cerca de la estación de metro Hakata, la más congestionada de la ciudad de Fukuoka, en la isla de Kyushu, en el sur del país, comenzó como dos socavones paralelos, pero rápidamente pedazos del pavimento fueron cayendo hasta que se transformó en un socavón gigante de unos 30 metros de ancho, hubo cortes de electricidad, agua y gas en la zona. (BBC, 2016).

Según publicó The Guardian, la calle fue abierta al público el martes 15 de noviembre del 2016 en la mañana, para lograrlo el equipo de obreros debió reparar grandes caños de saneamiento, así como instalar nuevos semáforos, y servicios tales como luz y telecomunicaciones. (El Observador, 2016).

El diario internacional El Mundo (2013), da a conocer datos estadísticos sobre una carretera en condiciones de muy mal estado, generando elevados consumos de combustible en vehículos, nos afirma que:

En un 34% y disminuye en hasta un 25% su vida útil, información que asegura la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). Además, confirma que el estado de la carretera afecta a la fluidez del tráfico para indicar que cada conductor español pierde 25 horas al año de atascos, lo que se traduce en costo de unos 13,4 euros por hora en viajes de ocio y de más de 26,5 euros por hora en desplazamiento de viaje.

También señala que en una carretera en mal estado supone un aumento de hasta un 34% de las emisiones de gases efecto invernadero, con sus consecuentes problemas medio ambientales y riesgos para la salud. (Diario el Mundo. Párr. 1 a 3).

Santana (2014) asegura; “El crecimiento poblacional y del consumo hace que cada día se transporten más mercancías y personas. Las vías tienen que responder a esta demanda de transporte internacional y mundial que cada vez es mayor.” (Párr. 7).

“El deterioro de la red vial en Centroamérica es el principal problema para generar la integración regional, concluyeron algunos empresarios y funcionarios en Panamá” (diario El Herald, 2014).

El Comercio (2016). En Cuba, el restringido y envejecido parque automovilístico es limitado a vehículos de la era Soviética, con más de 40 años en circulación en pistas que se encuentran totalmente deterioradas, debido a una mezcla que dejó 10 mil accidentes de tránsito con casi 690 personas fallecidas hasta noviembre del 2015. Tampoco ayuda la inexistencia de señales de tránsito. Según datos oficiales, el 76% de las vías del país están en regular o pésimo estado de conservación debido a la falta de disposición de recursos para su mantenimiento. (Párr. 19).

1.1.2 A nivel nacional

El Niño costero es el fenómeno actualmente en curso que afecta la nación del Perú (hay que tener en cuenta que en este país se rechaza el nombre de niño costero). Este fenómeno es caracterizado por el calentamiento anómalo del mar focalizados en las costas de nuestro país. Este calentamiento desencadenó fuertes lluvias causando desbordes e inundaciones que afectaron nuestras ciudades, generando severos daños en los pavimentos tanto urbanos como rurales, dando lugar al cuestionamiento y evaluación sobre los estudios previos o diseño de los pavimentos en mención.

Paxi (2015) “...*A causa de la mala ejecución de la obra, se acorta la vida útil de las unidades de transporte y obliga a mantenimientos mensuales, mientras que en una carretera en buen estado se hace trimestralmente...*” (Párr. 9).

Borja (2011), [Integrante del Capítulo de Ingeniería Civil del Consejo Departamental de Lambayeque, tomando en cuenta que la ciudad de Chiclayo ha evolucionado aproximadamente ocho veces en los últimos 30 años, los pavimentos e infraestructura vial en general no se ha tomado en consideración en su diseño, estos a cargo de la Municipalidad Provincial de Chiclayo].

Para tener en cuenta las perforaciones al pavimento se han registrado en los últimos años, el ing. Borja indica, que en el 2009 se presentaron 435 solicitudes para la instalación de nuevas redes de alcantarillado y agua potable, por la construcción de viviendas y establecimientos comerciales. Así mismo en 2010 se reportaron 387 solicitudes. En tal sentido nos recomienda el uso de adoquines de concreto como una buena alternativa para la pavimentación de calles, sobre todo en el casco urbano de la ciudad que se mantiene en constante aumento demográfico. (Borja,2011. Párr.20)

El Correo (2015). [Se realizó un informe en la vía directa entre Puno y Arequipa es a través de la carretera que se construyó por el distrito de Mañazo], “la cual luce deteriorada a poco de su inauguración, este proyecto costo 28 millones de soles”.

De acuerdo con lo señalado por los pobladores el tramo más crítico es que une Tiquillaca con Puno. En este tramo la carretera está en un pésimo estado originando que los conductores tengan que ir en zigzag e incluso salirse de la pista. Lo cual ocasiona un grave peligro para los pasajeros y transportistas, dicha situación se agrava en las temporadas de lluvias (El Correo, 2015. Párr.11).

1.1.3 A nivel local

El deterioro progresivo de las vías de tránsito en nuestra ciudad es originado por muchos factores dentro de los cuales están presentes la falta de mantenimiento, uso inadecuado por parte de los moradores hacia la vía, inadecuados trabajos posteriormente de hacer las reparaciones de las tuberías de agua y desagüe, cabe mencionar que esta última razón es originada ya que el crecimiento poblacional da lugar a edificios multifamiliares donde antes existían viviendas unifamiliares obligando a una mayor dotación de agua potable de esta manera genera el cambio de dimensiones en las redes para las nuevas conexiones.

Las Av. Sáenz Peña desde la cuadra 20 hasta la 26 y San Martín desde la cuadra 25 hasta la 17 del distrito de José Leonardo Ortiz se vieron afectadas por la colisión de los desagües en el periodo de las lluvias; así como todos los sistemas de alcantarillado de la ciudad cabe resaltar que las vías en mención tenían dos meses desde su inauguración; hoy en día estas avenidas no han sido reparadas totalmente, en algunos tramos se han observado trabajos de arreglos parciales sin la eficacia debida, ya que al cabo de un cierto tiempo las fallas han sido puestas en evidencia nuevamente; en todo el tramo puesto en estudio se encuentran fallas en el pavimento, siendo las más reiteradas, baches, piel de cocodrilo, deslizamiento del asfalto, desprendimiento de los materiales, etc. Siendo la más perjudicada la cuadra veinte de la Av. Sáenz Peña este deterioro es evidenciado en la siguiente vista.



Figura 1: Deterioro de la Av. Sáenz Peña

Fuente: Elaboración propia

Los tramos en estudio han sido deteriorados rápidamente ya que no cuentan con un adecuado drenaje pluvial siendo estas evidenciadas en la pendiente de las avenidas que no cuentan con el adecuado bombeo pudiendo estas ser llevadas a la Av. Chiclayo para que cumpla su función de vía canal, para la cual ha sido diseñada.

En la presente investigación se diseñarán las avenidas detalladas párrafos arriba con pavimento flexible y rígido, haciendo un total de 163.00 metros lineales, la decisión fue tomada en conjunto con las autoridades correspondientes del municipio distrital José Leonardo Ortiz, manifestando que de hacerse con pavimento rígido el costo para su construcción sería más elevado y no podrían costearlo. El tiempo que tomará la realización del proyecto aproximadamente son 90 días calendarios.

En esta ocasión el objeto de estudio de la presente investigación es el deterioro de las pistas, ya que se llegará a determinar las razones por las cuales estas han sido afectadas y el campo de estudio es la ingeniería de caminos.

1.2 Formulación del problema.

¿De qué manera la evaluación de la infraestructura vial de la Av. Sáenz Peña intersección con Av. Augusto B. Leguía – Av. San Martín intersección con Av. Chiclayo permitirá generar la propuesta de reparación?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la infraestructura vial de la Av. Sáenz Peña intersección con Av. Augusto B. Leguía – Av. San Martín intersección con Av. Chiclayo.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar el estudio topográfico del tramo en estudio.
2. Realizar el estudio de tráfico del tramo en estudio.
3. Realizar los estudios de mecánica de suelos.
4. Determinar la propuesta de reparación del tramo en estudio.

1.4 Justificación e Importancia.

El presente proyecto de tesis permite desarrollar y aplicar todos los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de todo el tiempo como estudiantes universitarios, poniéndolos en práctica para el beneficio de la sociedad.

El desarrollo de un proyecto genera impactos que pueden beneficiar o no a la población en estudio, se tendrá en cuenta el medio ambiente y por ende se elaborará un plan de mitigación ambiental, en el cual buscamos reducir y evitar todo aquello que afecte de manera negativa al proyecto.

Frente al deterioro de las avenidas en estudio, las cuales son vías muy concurridas por su alta densidad de tráfico liviano obliga a que la población pierda tiempo y dinero al no contar con una vía en condiciones óptimas.

El tomar rutas alternas por el deterioro de las vías genera entre los usuarios un malestar de su salud y económico ya que al no estar asfaltada y el alto tránsito generan contaminación ambiental por las grandes cantidades de polvo en el aire.

En la avenida Saenz Peña cuadra 20 y 21 debido a su deterioro genera grandes cantidades de expansión de partículas de polvo afectando a los vecinos de la zona, conllevando esto a generar enfermedades en su mayoría respiratorias; con el presente estudio se plantea generar un nuevo diseño del pavimento y con este mitigar el daño que afecta a los aledaños de las cuadras en mención.

Esta investigación sirve como base para las futuras acciones que el municipio del distrito de José Leonardo Ortiz decida realizar, para ello tendrá que ser considerada en su presupuesto el cual será entregado a las autoridades correspondientes para ser ejecutados ya que estas avenidas son de gran importancia para el tráfico vehicular y de los moradores de la zona.

1.5 Antecedentes de la investigación

1.5.1 A nivel internacional

El presente estudio habla de nuevas tecnologías para dar mantenimiento a las pistas con “inyección neumática de mezclas asfálticas en frío”, la cual promete solucionar los problemas que se presentan en la actualidad en la malla vial intermedia de la capital. Este proyecto se desarrolló recopilando información referente al equipo empleado en la instalación, (máquina remalladora) y al proceso de la instalación con respecto a la mezcla asfáltica y a sus componentes. El proceso metodológico que permitió identificar todas las características relevantes de la mezcla, sus componentes y la reparación física, están ceñidos a las normas INVIAS las cuales establecen las directrices que se deben seguir para cada paso. (Amado Marín, 2015).

Esta tesis da una descripción detallada de los tipos de pavimentos existentes para la construcción de carreteras, muestra las diferentes fallas o tipos de deterioros que presenta el pavimento, muestra las causas por las cuales se presenta este deterioro, nos enseña cómo debe comportarse el pavimento a través de su construcción lo largo del tiempo, también se plantean los tipos de técnicas de reparación aplicada en las obras de pavimentos. (Miranda Rebolledo, 2014).

Esta investigación da conocer toda falla de las estructuras viales de primer orden en la República de México, esta red vial ha sido construida conforme a las necesidades que el mismo crecimiento ha ido exigiendo; las fallas del pavimento son muy notorias tiene fallas leves y severas se realizaron los estudios necesarios para poder obtener una respuesta de por qué falló el pavimento. (Osuna Ruiz, 2014).

1.5.2 A nivel nacional

Esta tesis está basada en la aplicación de del método PCI para determinar el índice de la condición del pavimento, fueron estudiados a detalle para identificar de una manera acertada todo tipo de fallas existentes y cuantificar el estado de la vía, esta tesis está dividida en seis capítulos los cuales hablan paso a paso y totalmente detallado el desarrollo de la tesis. (Medina & De La Cruz, 2015).

El presente estudio define el diagnóstico a detalle todos los problemas que pueda tener el pavimento flexible en la región de Puno, se desarrolló una inspección minuciosa y detallada en las vías a evaluar, en las evidencian todos los deterioros de la superficie del pavimento teniendo fallas de nivel severa, media y baja, se identificó y se clasificaron todas las fallas superficiales. La mayoría de las carreteras rehabilitadas, se han deteriorado antes de tiempo previsto, reduciendo la condición y el nivel de serviabilidad del pavimento, generando trabajo correctivo y complementario antes de lo previsto. (Humpiri Pineda, 2015).

Esta tesis habla de la presencia de fisuras en las capas de rodadura de asfalto de Mezcla en Caliente (HMA) genera un serio desafío sobre la rehabilitación de los pavimentos, dando lugar a un problema de mucha importancia en el desarrollo de la vida útil de un pavimento. Esta tesis está proponiendo el uso del sistema Bitufor (mesh Track + Slurry Seal) como alternativa de solución para eliminar la presencia de grietas, dando lugar a otros beneficios que perduran la vida útil del pavimento. (Yarango Serrano, 2014).

1.5.3 A nivel local

La presente investigación tuvo lugar en sectores de la calle Colón y Miguel Grau teniendo como objetivo la evaluación estructural del pavimento flexible de las vías en estudio, se utilizó el método Pavemen Condition (PCI) con el fin de reconocer todo tipo de falla que tenga el pavimento, este método constituye el modo más completo para la evaluación y clasificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adaptado como procedimiento estandarizado, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional. (Leguía & Pacheco).

1.6 Marco teórico.

1.6.1 Bases teóricas científicas

A. Pavimentos

a. Definición

Es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 21).

b. Componentes

b.1) Capa de rodadura

Es la parte superior de pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 21).

b.2) Base

Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014).

Requerimiento de materiales

➤ Granulometría

Tabla 1

Requerimientos granulométricos para bases granulares

| Tamiz | Porcentaje que pasa en peso | | | |
|----------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm (2") | 100 | 100 | - | - |
| 25 mm (1") | - | 75 - 95 | 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/4") | 30 - 65 | 40 - 75 | 50 - 85 | 60 - 100 |
| 4.75 mm (Nº4) | 25 - 55 | 30 - 60 | 35 - 65 | 50 - 85 |
| 2.0 mm (Nº10) | 15 - 40 | 20 - 45 | 25 - 50 | 40 - 70 |
| 425 µm (Nº40) | 8 - 20 | 15 - 30 | 15 - 30 | 25 - 45 |
| 75 µm (Nº 200) | 2 - 8 | 5 - 15 | 5 - 15 | 8 - 15 |

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013

El material de base granular deberá cumplir además con las siguientes características físico – mecánicas y químicos que se indican en la tabla 2. (Especificaciones Técnicas, 2013. Pág. 370).

Tabla 2

Requerimientos de CBR para bases granulares

| | | |
|------------------------------------|--|-----------|
| Valor relativo de soporte, CBR (1) | Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$) | Min. 80% |
| | Tráfico en ejes equivalentes ($>10^6$) | Min. 100% |

Nota: (1) Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm).

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (Tabla 403-02). EG-2013.

➤ Agregado grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla N°04, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos. (Especificaciones Técnicas, 2013. Pág. 370).

Deberán cumplir las características, indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 3

Requerimientos agregado grueso

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitud | |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|------------------------|-------------|
| | | | | < 3000 msnm | ≥ 3000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80% máx. | 80% máx. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 40% máx. | 50% máx. |
| Abrasión los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx. | 40% máx. |
| Partículas chatas y alargadas | | D 4791 | | 15% máx. | 15% máx. |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | D 1888 | | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | | 18% máx. |

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

➤ Agregado fino

Se denominará así a los materiales que pasasn la malla N°04, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos. (Especificaciones Técnicas, 2013. Pág. 371).

Deberán cumplir las características, indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 4*Requerimientos agregado fino*

| Ensayo | Norma MTC | Requerimientos altitud | |
|---------------------------------------|-----------|------------------------|---------------|
| | | < 3000 msnm | ≥3000 msnm |
| Índice plástico | MTC E 111 | 4% máx. | 2% máx. |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 45% máx. | 35% máx. |
| Sales solubles | MTC E 219 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | | 15% máx. |

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

b.3) Sub base

Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlar de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 21).

Requerimiento de materiales

➤ Granulometría

Tabla 5*Requerimientos granulométricos para sub bases granulares*

| Tamiz | Porcentaje que pasa en peso | | | |
|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Gradación A (1) | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm (2") | 100 | 100 | - | - |
| 25 mm (1") | - | 75 - 95 | 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/4") | 30 - 65 | 40 - 75 | 50 - 85 | 60 - 100 |
| 4.75 mm (Nº4) | 25 - 55 | 30 - 60 | 35 - 65 | 50 - 85 |
| 2.0 mm (Nº10) | 15 - 40 | 20 - 45 | 25 - 50 | 40 - 70 |
| 425 µm (Nº40) | 8 - 20 | 15 - 30 | 15 - 30 | 25 - 45 |
| 75 µm (Nº 200) | 2 - 8 | 5 - 15 | 5 - 15 | 8 - 15 |

Nota: (1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Además, el material también deberá cumplir los requisitos de calidad, indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6
Requerimientos de ensayos especiales

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimiento | |
|-----------------------------------|-----------|------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | | < 3000 msnm | ≥ 3000 msnm |
| Abrasión los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 50% máx. | 50% máx. |
| CBR (1) | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 40% min. | 50% min. |
| Limite liquido | MTC E 110 | D 4318 | T 89 | 25% máx. | 25% máx. |
| Índice de plasticidad | MTC E 111 | D 4318 | T 90 | 6% máx. | 4% máx. |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | 25% máx. | 35% máx. |
| Sales solubles | MTC E 119 | - | - | 1% máx. | 1% máx. |
| Partículas chatas y alargadas (2) | - | D 4791 | - | 20% máx. | 20% máx. |

Nota: (1) Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm)
(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud).

Fuente: Manual de Carreteras; Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

c. Tipos de pavimentos

c.1) Pavimento flexible

Estela, 2016. Es una estructura compuesta por capas granulares (Sub base, base) y como capa de rodadura constituida con materiales bituminoso como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (Pág. 1).

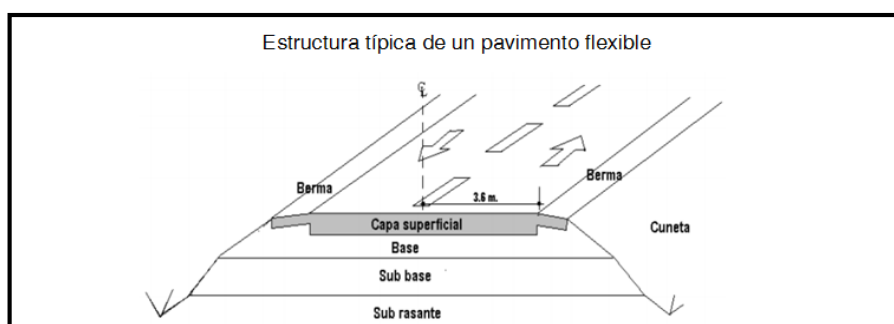


Figura 2 Estructura del pavimento flexible

Fuente: Monsalve, Giraldo, Maya; "Diseño de Pavimento Flexible y Rígido" – Universidad de Quíndio – Armenia – Ecuador 2012.

c.2) Pavimento semirrígido

Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha concluido los pavimentos adoquinados. (Estela, 2016. Pág. 1).

c.3) Pavimento rígido

Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub base granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo. Dentro de pavimentos rígidos existen tres categorías: (Estela, 2016. Pág. 2).

- i. Pavimento de concreto simple con juntas
- ii. Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- iii. Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

d. Carreteras

Su clasificación se define en el Manual de carreteras: Diseño geométrico 2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, nos dice que:

a) Clasificación por demanda

a.1) Autopistas de primera clase

Son carreteras con IMDA mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

a.2) Carreteras duales o multifario

Son carreteras con IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m; en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

a.3) Carreteras de primera clase

Son carreteras con IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

a.4) Carreteras de segunda clase

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 401 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

a.5) Carreteras de tercera clase

Son carreteras con IMDA entre 400 y 201 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

B. Suelos

a. Exploración de suelos y rocas

La Dirección general de caminos y ferrocarriles (2014) señala que “AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69”, (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 25).

b. Sub rasante

Se considerarán como materiales aptos para las capas de sub rasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo con la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos, elevación

de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 40).

El nivel superior de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo de 0.60 m, cuando se trate de una sub rasante excelente – muy buena ($\text{CBR} \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena – regular ($6\% \leq \text{CBR} < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre ($3\% \leq \text{CBR} < 6\%$); y a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$). Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o sub rasantes inadecuadas, cuya estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamiento donde el ingeniero responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc.; (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 41).

c. Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico- mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevará a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5m de profundidad mínima.

d. Ensayos realizados a la sub rasante

- 1. Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422**
- 2. La plasticidad - límites de Atterberg ASTM D-4318**
- 3. Contenido de Humedad ASTM D- 2216**
- 4. Ensayo de CBR**

C. Diseño del pavimento

a. Pavimentos flexibles

La súper estructura de una vía, construida sobre la sub rasante compuesta sobre la sub base. La base y la capa de rodamiento, cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir los esfuerzos al terreno.

Métodos de diseño de pavimento flexible

Según el manual de carreteras. **Sección** Suelos y Pavimentos, versión abril 2014, nos dice: [En la presente investigación] se ha optado para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país, los procedimientos adoptados son:

a. Método AASHTO guide for design of Pavement structures 1993

Básicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

- Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características de la sub rasante sobre la que se asienta el pavimento.

A continuación, se describen las características más importantes para la aplicación de los procedimientos de cálculos usados.

Método guía AASHTO 1993 de diseño

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub rasante para el cálculo de espesores. Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la guía AASHTO-93. El propósito del modelo es el cálculo del número estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la sub rasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 130).

I. Periodo de diseño

El periodo de diseño a ser empleado para (...) [la presente investigación] para pavimentos flexibles será hasta 20 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones

específicas del proyecto y lo que requerido por la entidad. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 131).

II. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(MR) - 8.07 \dots \text{Ec 1}$$

De esta ecuación, tenemos los siguientes términos:

a) W18

Es número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 Kn) para el periodo de diseño, corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2 tn; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

b) Módulo de resiliencia (MR)

El módulo de resiliencia es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse de acuerdo con las recomendaciones de AASHTO:

$$MR = 1500 * CBR \dots \text{Ec 2}$$

c) Confiabilidad (%R)

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas, como por extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue

una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada; por ejemplo, 90% o 95%, significa que solamente un 10% o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla. En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar. La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la ecuación de diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como desviación normal estándar (Z_r). (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 132).

A continuación, se especifican los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos del tráfico, según la guía AASHTO.

Tabla 7:

Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales.

| CLASIFICACIÓN FUNCIONAL | NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO | |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------|
| | URBANO | RURAL |
| Interestatal y otras vías libres | 85 - 99.9 | 80 - 99.9 |
| Arterias Principales | 80 - 90 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos - 1993 - pag.08

d) Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r)

El coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 134).

Tabla 8:*Confiabilidad y desviación estándar*

| CONFIABILIDAD (%R) | DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL 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: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos - 1993 - pag.84

e) Desviación estándar combinada

La Desviación estándar combinado (S_o), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción de tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de “ S_o ” comprendidos entre 0.40 y 0.50 (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 136). Para la presente investigación se toma en consideración un coeficiente “ S_o ” de 0.45.

f) Índice de serviciabilidad presente (Δ PSI)

Índice de serviciabilidad presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 137).

f.1) Serviciabilidad inicial (P_i)

La serviciabilidad inicial (P_i) es la condición de una vía recientemente construida, la guía AASHTO recomienda para pavimentos flexibles un índice de serviciabilidad de 4.2.

f.2) Serviciabilidad final o terminal (P_t)

La serviciabilidad terminal (P_t) es la condición de una vía que alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 138).

La norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), nos recomienda los valores de la siguiente tabla:

Tabla 9 *Índice de serviciabilidad*

| TIPO DE VÍA | Pt |
|---------------------------|-----------|
| Expresas | 3.00 |
| Arteriales | 2.50 |
| Colectoras | 2.25 |
| Locales y Estacionamiento | 2.00 |

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos - RNE

La variación de serviciabilidad Δ PSI está dada por:

$$\Delta\text{PSI} = P_i - P_t \dots \text{Ec 3}$$

g) Número estructural propuesto (SNR)

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el número estructural que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y sub base, mediante el uso de los coeficientes estructuras. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 140).

Los espesores son encontrados a través de la siguiente fórmula:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \dots \text{Ec 4}$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

m_2, m_3 = coeficiente de drenaje para las capas de base y sub base, respectivamente.

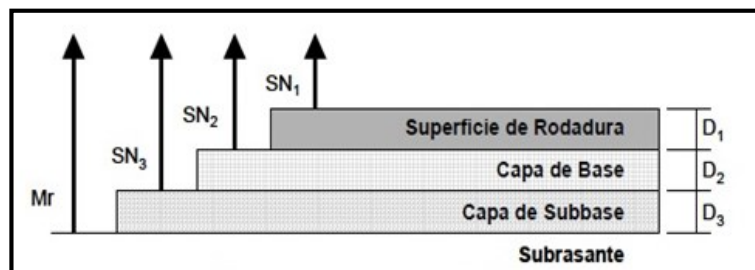


Figura 3: Procedimiento para determinar los espesores estructurales de las capas de un pavimento flexible

Fuente: AASHTO, Guide for design of Pavement structures 1993.

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El ingeniero proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación con el tránsito que

debe soportar la calzada. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 140).

La ecuación SN de AASHTO, también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y sub base. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 141).

En la siguiente tabla se presentan valores de calidad de drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

Tabla 10

Capacidad de drenaje para remover la humedad

| Calidad del drenaje | Tiempo de remoción |
|---------------------|--------------------|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 semana |
| Pobre | 1 mes |
| Malo | El agua no evacua |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos.

La tabla siguiente presenta valores de coeficiente de drenaje (m), para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y calidad del drenaje. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 142).

Tabla 11

Valores de m recomendados para los coeficientes de capa modificados de base y sub-base en pavimentos flexibles.

| CALIDAD DE DRENAJE | PORCENTAJE DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN | | | | | | |
|--------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | <1% | 1% | 5% | 5% | 25% | >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 |
| Malo | 1.05 | 0.95 | 0.95 | 0.75 | 0.75 | 0.40 | 0.40 |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos.

b. Pavimentos rígidos

Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub base granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo. Dentro de pavimentos rígidos existen tres categorías: (Estela, 2016. Pág. 2).

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

Método de diseño de pavimento rígido

En la presente investigación se ha tomado como referencia la guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento, la cual hace referencia a la siguiente ecuación en base a la cual se rige.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \left[\frac{S_c' C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75} - 18.42 \left(\frac{k}{E_c} \right)^{0.25} \right)} \right] \quad \text{Ec 5}$$

Donde:

W_{18} = Número de cargas de 18 kips (80KN) prevista.

Z_R = Abscisa correspondiente a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

S_o = Desviación estándar

D = Espesor de la losa del pavimento (pulg).

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

P_t = Serviabilidad final.

S_c' = Módulo de rotura del concreto.

J = Coeficiente de transferencia de cargas.

C_d = Coeficiente de drenaje.

E_c = Modulo de elasticidad del concreto.

K = Módulo de reacción de la sub rasante.

a) W18

Es número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 Kn) para el periodo de diseño, corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2 tn; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

b) Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r)

Se maneja el mismo concepto para pavimentos flexibles que se aprecia en el acápite 1.6.1.c.d y los valores son extraídos de la tabla N°08 en la cual necesitamos como dato de entrada la confiabilidad que se encuentra descrita en el acápite 1.6.1.c.c.

c) Desviación estándar

Es recomendable para pavimentos rígidos usar el valor de $S_o = 0.34$ para el caso en que se considere la variación del tránsito a futuro y $S_o = 0.39$ para el caso que esta no esté considerada. (Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, pag. 196, 1993).

d) Serviciabilidad

d.1) Serviciabilidad inicial (P_i)

La serviciabilidad inicial (P_i) es la condición de una vía recientemente construida, la guía AASHTO recomienda para pavimentos rígidos un índice de serviciabilidad de 4.5.

d.2) Serviciabilidad final o terminal (P_t)

La serviciabilidad terminal (P_t) es la condición de una vía que alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 138).

Según la tabla N°09 se ha tomado el valor correspondiente a 2.25 perteneciente a una vía colectora.

La variación de serviciabilidad ΔPSI está dada de igual manera para un pavimento flexible, es decir se ha tomado la ecuación 3 para su procedimiento.

A continuación, se presenta una tabla en la cual detalla el nivel de servicio PSI y la calificación que representa.

Tabla 12

Valores de PSI y calificación de la serviciabilidad

| PSI | Calificación |
|-----------|---------------|
| 0.0 | Intransitable |
| 0.1 - 1.0 | Muy malo |
| 1.1 - 2.0 | Malo |
| 2.1 - 3.0 | Regular |
| 3.1 - 4.0 | Bueno |
| 4.1 - 4.9 | Muy bueno |
| 5.0 | Excelente |

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos - RNE

e) Transferencia de cargas

Es la capacidad de una losa del pavimento de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, para minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento.

La guía AASHTO recomienda el uso de un coeficiente de transferencia de carga teniendo en cuenta además el tipo de pavimento y la existencia o no de dispositivos de transferencia de carga, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 13*Coefficientes de transferencia de carga*

| TIPO DE PAVIMENTO | Berma de Asfalto | | Berma de Concreto | |
|----------------------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | Disp. De Transferencia | | Disp. De Transferencia | |
| | si | no | si | no |
| Junta sencilla y Junta reforzada | 3.2 | 3.8 - 4.4 | 2.5 - 3.1 | 3.6 - 4.2 |
| Continuamente reforzada | 2.9 - 3.2 | N/D | 2.3 - 2.9 | N/D |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos.**f) Módulo de rotura del concreto.**

Debido a que los pavimentos flexibles trabajan básicamente a flexión, se recomienda que la especificación de su resistencia sea acorde a ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto esforzado a flexión, que es conocido como resistencia a la flexión por tensión ($S'c$) o Módulo de ruptura (MR). Para lo cual es presentada la tabla a continuación.

Tabla 14*Módulo de ruptura recomendados*

| TIPO DE PAVIMENTO | MR recomendado | |
|---------------------|--------------------|--------|
| | Kg/cm ² | Psi |
| Autopista | 48.00 | 682.72 |
| Carreteras | 48.00 | 682.72 |
| Zonas Industriales | 45.00 | 640.05 |
| Urbanas Principales | 45.00 | 640.05 |
| Urbanas Secundarias | 42.00 | 597.38 |

Fuente: Manual de diseño y construcción de pavimentos (Pag. 42) – German Vivar Romero.**g) Módulo de elasticidad**

En la presente investigación se empleó la siguiente ecuación recomendada por el Instituto Americano del Concreto (ACI):

$$E_c = 57000 * \sqrt{f'_c} \dots \text{Ec 6}$$

Donde:

Ec = Módulo elástico del concreto (en psi).

f'c = Resistencia del concreto a compresión (en psi).

h) Módulo de reacción de la subrasante

Para el módulo de reacción de la subrasante la guía para la construcción de pavimentos de AASHTO indica que se puede hallar mediante una tabla o un ábaco que son presentados a continuación:

Tabla 15

Correlación entre tipo de material, CBR y K

| Descripción | Clasificación S.U.C.S | Densidad Seca (Kg/m ³) | CBR (%) | Valor K (psi/in) |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------|------------------|
| PARA SUELOS FINOS | | | | |
| Limo | | 90 - 105 | 4 - 8 | 25 - 165 |
| Mezclas de Limo/ Arena/ Grava | ML, OL | 100 - 125 | 5 - 15 | 40 - 220 |
| Limo mal graduado | MH | 80 - 100 | 4 - 8 | 25 - 190 |
| Arcilla plástica | CL | 100 - 125 | 5 - 15 | 25 - 255 |
| Arcilla elastica moderadamente plástica | CL, OL | 90 - 125 | 4 - 15 | 25 - 125 |
| Arcilla muy plástica | CH, OH | 80 - 110 | 3 - 5 | 40 - 220 |

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos.

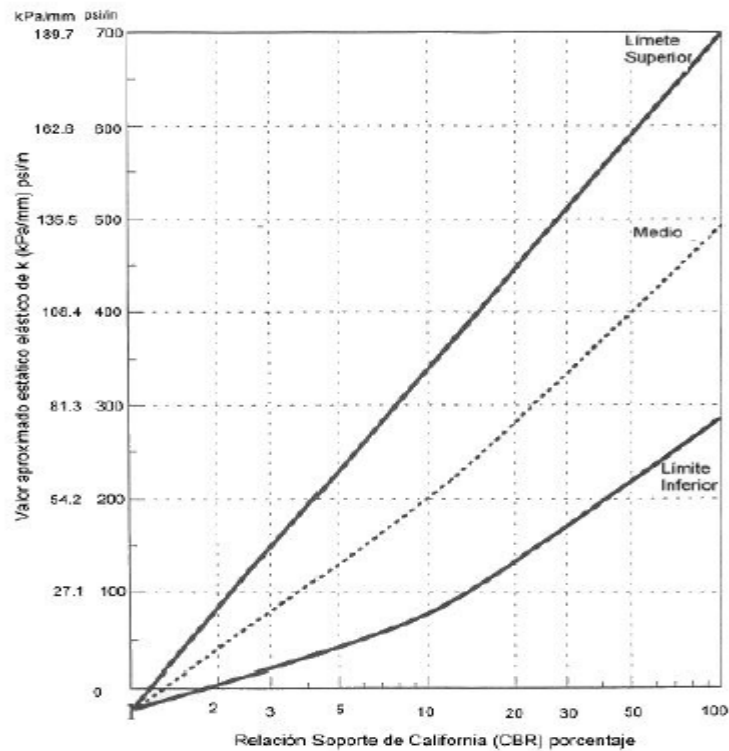


Figura 4: Abaco de correlación del factor K y CBR

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos - RNE

Para la norma CE.010 pavimentos urbanos considera los siguientes valores, los cuales se tomaron en cuenta para comprobarlos ya que esta es la norma en la cual se rigen estos pavimentos en estudio.

Tabla 16

Tipos de sub-rasante y valores aproximados de k

| Tipo de Suelo | Soporte | Rango de Valores de K Mpa/m(pci) |
|--|---------|----------------------------------|
| Suelos de granos finos en los que predominan las partículas del tamaño de limos y arcillas | Bajo | 20 - 34 (75 - 120) |
| Arenas y mezclas de arenas - gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla | Medio | 35 - 49 (130 - 170) |
| Arenas y mezclas de arenas - gravas relativamente libres de finos plásticos | Alto | 50 - 60 (180 - 220) |

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos - RNE

i) Coeficiente de drenaje

Para el coeficiente de drenaje la norma CE.010 da la siguiente tabla en la que depende la calidad de drenaje que presenta la sub-rasante

Tabla 17

Valores de Cd recomendados por AASHTO para pavimentos rígidos

| Cd | Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre | Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación | | | |
|--------------------------|---|---|-------------|-------------|------|
| | | < 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | >25% |
| Calificación del drenaje | | | | | |
| Excelente | 2 horas | 1.25 - 1.20 | 1.00 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| Bueno | 1 día | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1 semana | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| Pobre | 1 mes | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| Muy Pobre | Nunca | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: Norma CE.010 Pavimentos Urbanos - RNE

D. Normativa

i. AMBIENTAL

a. Constitución política del Perú

En el Art. 2º inciso 22 nos indica: “Toda persona tiene derecho a la paz, tranquilidad, a disfrutar el tiempo libre y al descanso, así como también de disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado de desarrollo de su vida”.

En el título III del régimen económico, capítulo II del ambiente y recursos naturales, indica que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales. Especifica que el estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

Aprobado por el decreto legislativo N°613, 07-09-1990, hace referencia a la obligación de realizar Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en cualquier proyecto de desarrollo. Sostiene la obligación del mantenimiento de los procesos ecológicos, la preservación de la diversidad genética y la utilización sostenida de las especies y recursos naturales, en el código precisa: “Los costos de prevención, vigilancia, recuperación y compensación del deterioro ambiental, corren a cargo del causante del perjuicio o impacto.

c. Código penal – Delitos contra la ecología

Establecido por el Decreto Legislativo N°635 de 199, considera al medio ambiente como un bien jurídico de carácter socioeconómico, en el sentido de que abarca todas las condiciones necesarias para el desarrollo de la persona en los aspectos biológicos, psíquicos, sociales y económicos.

En el título XIII Delitos Contra la Ecología en su capítulo único – Delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, se establece lo siguiente: Artículo 304º, se refiere a la protección del medio ambiente, estableciendo quien contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar daño o alteraciones a la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno, ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días multa.

El artículo 305° establece penas cuando:

- ✓ Los actos previstos en el artículo 304° ocasionan peligro para la salud de las personas o para sus bienes.
- ✓ El perjuicio o alteración ocasionados adquieren un carácter catastrófico.
- ✓ Los actos contaminantes afectan gravemente los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

d. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental

La finalidad de esta ley es el establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.

Además del establecimiento de los mecanismos que aseguren la participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental.

En el artículo 2° indica que quedan comprendidos en esta ley todos aquellos proyectos de inversión públicos y privados que impliquen actividades, construcciones u obras que pueden causar impactos ambientales negativos.

e. Ley General de residuos Sólidos

La ley N°27314 y su reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-MINSA, establece derechos y obligaciones de la sociedad en su conjunto para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y bienestar de la persona humana.

En el artículo 31°, se señala que el manejo de residuos sólidos es parte integrante de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y menciona que estos instrumentos deben ser formulados tomando en consideración la prevención y control de riesgos.

f. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, 22-06-2001. Los estándares de calidad ambiental del aire constituyen un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y planificar el control de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Este reglamento establece valores correspondientes para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire y los valores de tránsito referentes a las concentraciones de dióxido de azufre, PM10, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y plomo.

g. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 24-10-2003. La presente norma tiene como finalidad establecer los estándares de calidad de ruido y los lineamientos para no sean excedidos, con el objetivo de proteger la salud y promover el desarrollo sostenible. Para efectos de la presente norma, se especifican las siguientes zonas de aplicación: Zona Residencial, Zona Comercial, Industrial, Zona Mixta y de Protección Especial; estableciendo niveles máximos de ruido en el ambiente para cada una de ellas.

h. Explotación de Canteras

Resolución Ministerial N° 188-97-EM-VMM, del 15-05-97. Mediante esta resolución se establecen las medidas a tomar para el inicio o reinicio de las actividades de explotación de canteras de materiales de construcción, diseño de tajos, minado de las canteras, abandono de las canteras, acciones al término del uso de la cantera y los plazos y acciones complementarias para el tratamiento de estas.

ii. SEGURIDAD Y SALUD

a. Ley General de Salud Ley N° 26842, 15-07-1997

Según esta ley, la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo (Art. 1° del título preliminar). La protección de la salud es de interés público. Por tanto, es responsabilidad del estado regularla, vigilarla y promoverla (Art. 2°). La salud es responsabilidad primaria del estado (Art. 4°). También, es responsabilidad del estado vigilar, cautelar y atender los problemas de desnutrición, de salud mental de la población, así como los de salud ambiental (Art. 5°). Así también el Art. 102° señala que las condiciones higiénicas y sanitarias de todo centro de trabajo deben ser uniformes y acordes con la naturaleza.

iii. TÉCNICO

a. Método de cono de Arena ASTM 1556 – MTC E-117

Según el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) en el manual de ensayos, se da a conocer el objeto para este ensayo el cual es determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

Este método es usado para determinar la densidad de los suelos compactados que se encuentran en lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o un porcentaje de densidad máxima. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.133).

Equipo y/o materiales: Frasco desarmable, balanza, pico pequeño, cuchillo, espátula, brocha, cucharon, plato metálico cuadrado, equipo de secado, válvula cilíndrica.

Cálculos

Volumen del orificio de prueba:

$$V = \frac{(M1 - M2)}{\rho_1} \quad \text{.....Ec 7}$$

Donde:

V = volumen del orificio de prueba, cm³

M1 = masa de la arena utilizada para llenar el orificio de prueba, embudo y plato de base, gr.

M2 = masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato de base, gr.

ρ1 = densidad del volumen de la arena, gr/cm³

Masa seca del material extraído del orificio de prueba:

$$M4 = \frac{100 M3}{W + 100} \quad \text{.....Ec 8}$$

Donde:

W = contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba, %

M3 = masa húmeda del material del hueco de ensayo, gr.

M4 = masa seca del material del hueco de ensayo, gr.

Densidad húmeda y seca in-situ del material ensayado:

$$\rho_m = \frac{M3}{V} \quad \text{.....Ec 9}$$

$$\rho_d = \frac{M4}{V} \quad \text{.....Ec 10}$$

Donde:

V = volumen del orificio de prueba, cm³

M3 = masa húmeda del material del hueco de ensayo, gr.

M4 = masa seca del material del hueco de ensayo, gr

ρ_m = densidad húmeda del material probado o su peso unitario húmedo, gr/cm^3

ρ_d = densidad seca del material probado o su peso unitario seco, gr/cm^3

Peso unitario seco

Para obtener el peso unitario seco empléese uno de los métodos siguientes:

- a) Si la humedad se determinó por métodos nucleares, réstese el peso del agua en kg/m^3
- b) Si la humedad se halló por métodos diferentes (secamiento en el horno o carburo de calcio) y está dada como porcentaje, procédase así:

$$f_d = \frac{f_{\text{hum}}}{(w+100)} \times 100 \quad \text{..... Ec 11}$$

Donde:

f_d = peso unitario seco, kg/m^3

f_{hum} = peso unitario húmedo, kg/m^3

W = porcentaje de humedad en la muestra

b. Equivalente de arena, suelos y agregados finos ASTM D-2419 – MTC E-114.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el manual de ensayos, nos da a conocer el objeto para este ensayo el cual es determinar bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de los suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en los suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4.75 mm). El término “Equivalente de Arena”, expresa el concepto de que la mayor parte de suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.

Este método de ensayo asigna a un valor empírico a la cantidad relativa, fineza y carácter del material arcilloso presente en el espécimen de ensayo. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.91)

Equipo y/o materiales: Cilindro graduado, tapón de jebe, tubo irrigador, Dispositivo de pesado de pie y ensamblaje de sifón, Horno de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Cálculos

El equivalente de arena se calculará con aproximación al décimo (0.1%), así:

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100 \quad \text{.....Ec 12}$$

c. Proctor modificado ASTM D-1557 MTC E-115.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el manual de ensayos. Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2700 \text{ KN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000 \text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de Agua y peso unitario seco de los suelos (curva de Compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5N (10 lbf) que cae de una altura de 457mm (18 pulg), produciendo una energía de compactación de ($2700 \text{ KN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000 \text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)). (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.105).

Cálculos

Humedad de compactación: El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100 \quad \text{..... Ec 13}$$

Donde:

H= humedad prefijada

h= humedad natural

Densidad o peso unitario: La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergido y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Próctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Agua absorbida: El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de esta, la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Presión de penetración: Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajustan para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva.

Expansión: La expansión se calcula por la diferencia entre las lectura del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5"). (Manual de Ensayo de Materiales E 132 -2000, Pág. 8)

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \quad \text{..... Ec 14}$$

Dónde:

L1= lectura inicial en mm.

L2= lectura final en mm.

d. Determinación de límite líquido de los suelos MTC E-110.

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla el límite entre los estados líquidos y plásticos. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulga) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: se considera que la resistencia al corte no drenado del suelo en límite líquido es de 2 kpa (0.28 psi).

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.67).

Equipo y/o materiales: Taras, recipiente o pesa de filtros, balanza, estufa, espátula, calibrador, copa Casagrande, agua destilada.

e. Determinación de límite plástico MTC E-111.

Determinar en laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo de índice de plasticidad (I.P) si se conoce el límite líquido (L.L) del mismo suelo.

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 Desmoralizado) sin que dichas barritas se desmoronen. Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de los suelos. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.72)

Equipo y/o materiales: Espátulas de hoja flexible, vidrio de reloj, balanza, horno, tamiz N°40, agua destilada.

Además de LL y LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP.

$$IP= LL - LP \quad \text{.....Ec 15}$$

f. Determinación del contenido de Humedad MTC E-108.

El objeto de este ensayo es establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en el horno controlado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}^*$. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como peso de partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como peso del agua. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.49).

Equipo y/o materiales: Horno de secado, balanza de capacidad convincente, taras.

Cálculos

Se calcula el contenido de humedad de la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 \quad \dots\dots\dots\text{Ec 16}$$

ó

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \quad \dots\text{Ec 17}$$

Donde:

W = es el contenido de humedad (%)

MCWS = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

MCS = es el peso del contenedor más el suelo secado al horno, en gramos

MC = es el peso del contenedor, en gramos

MW = es el peso del agua, en gramos

MS = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

g. Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado MTC E-107.

El objetivo de este ensayo es determinar cuantitativamente la distribución de tamaño de partículas del suelo. Este modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74mm (N°2000). (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.44). Equipo y/o materiales: Balanza, estufa, tamices, taras.

Tabla 18

Tamices y aberturas

| TAMICES | ABERTURA (mm) |
|----------------|----------------------|
| 3" | 75,000 |
| 2" | 50,800 |
| 1 ½" | 38,100 |
| 1" | 25,400 |
| ¾" | 19,000 |
| 3/8" | 9,500 |
| N° 4 | 4,760 |
| N°10 | 2,000 |
| N°20 | 0,840 |
| N°40 | 0,425 |
| N°60 | 0,260 |
| N°140 | 0,160 |
| N°200 | 0,075 |

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – MTC

h. Abrasión de los ángeles ASTM C-131 MTC E – 502

Según el Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), ensayo E 207-2000). Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½”) por medio de la máquina de los Ángeles. El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada maquina con una carga abrasiva [ver tabla 11]. [Se utiliza] para la abrasión de agregados gruesos. (Manual de Ensayo de Materiales E 207 -2000, Pág. 1)

Carga abrasiva.

La carga abrasiva consistirá en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm y 47.63 mm y un peso comprendido entre 390 g y 445 g. (Manual de Ensayo de Materiales E 207 -2000, Pág. 3)

Cálculo:

El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.

El resultado del ensayo (% de desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los ángeles, calcúlese tal valor así:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{(P1-P2)}{P1} \times 100 \quad \text{.....Ec 18}$$

Dónde:

P1= peso de la muestra seca antes del ensayo.

P2= peso de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70mm (Nº 12).

i. Sales solubles totales MTC E- 219

Según el Manual de ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC), ensayo E 219-2000. Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales. (Manual de Ensayo de Materiales E 219 -2000, Pág. 1)

Cálculos

Se informa que el porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100 \quad \text{.....Ec 19}$$

Dónde:

A= peso de la muestra al horno (gr)

B= volumen de los líquidos aforado y enrasado con agua destilada, cm³

C= alícuota del volumen B

D= cristalización de la alícuota al horno (gr)

E. Impacto ambiental

Según la ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental N°27446 ningún proyecto será ejecutado sin la existencia de certificación ambiental, expedida por la autoridad correspondiente, esta ley tiene a cargo la prevención y supervisión anticipada de los posibles impactos negativos que genere la realización de proyectos de cualquier índole.

Para el estudio de impacto ambiental se debe considerar básicamente los siguientes aspectos:

- a. Plan de manejo ambiental del proyecto.
- b. Especificaciones ambientales particulares para la obra.
- c. Detallar las medidas mitigadoras y órgano responsable de su implementación (municipalidad).
- d. Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).
- e. Medidas de mitigación de los pasivos ambientales considerados críticos.

F. Gestión de riesgos

Este proyecto al tratarse de una infraestructura vial se rige en la normatividad de la norma G.050, seguridad en la construcción, la cual da unos alcances mínimos a tener en cuenta de seguridad en las distintas actividades que se realicen y distintos casos que se presenten, esto quiere decir que son pautas a las cuales se tienen como base para la elaboración de un plan de gestión de riesgos frente a cualquier vicisitud que se presente; estos posibles riesgos tendrán que ser analizados para identificar los peligros en cada una de las distintas actividades que se vayan realizando y se elaborarán las medidas para prevenir o eliminar dichos peligros.

G. Sistema de costos y presupuestos

La elaboración de costos y presupuestos para esta investigación fueron elaborados a partir de los planos realizados una vez acabado el diseño de la nueva propuesta de infraestructura del pavimento.

A partir de los detalles en los planos se generó una plantilla de metrados con las partidas a realizarse, las cuales son especificadas en el DG esto quiere decir se generó una base de datos en hojas de cálculo de Microsoft Excel con todos los requerimientos para la ejecución de la propuesta de diseño, posteriormente se trabajó con el software S10 para la realización del presupuesto general del proyecto.

1.6.2 Estado del Arte.

En Alemania se está dando una nueva técnica sobre el mantenimiento de vías, de tal manera que se minimicen los costos de la construcción, mano de obra y equipo a usar lo que ha generado alternativas como la de extraer los agregados que conforman a la carpeta asfáltica y reutilizarlo, mezclándolos con diversos insumos formando así a lo que es reciclaje del pavimento. (Rodríguez & Rodríguez, 2013).

1.6.3 Definición de términos básicos

Acera: Parte de una vía urbana o de una obra de arte destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También denominada vereda. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 02).

Adherencia: Unión física que se produce en la superficie de contacto de dos cuerpos cuando uno intenta deslizarse o despegarse sobre otro. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 02).

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines de concreto o roca tallada. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 03).

Agregado: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria o roca triturada. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 03).

Ahuellamiento: Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de un pavimento. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 04).

Análisis granulométrico: Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 05).

Asentamiento: Diferencia de nivel como consecuencia del desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 06).

Asfalto: Material cementante, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 07).

Baches: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 09).

Base: Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la subrasante y la capa de rodadura. La base es parte de la estructura de un pavimento. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 10).

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera para el drenaje. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 10).

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 11).

CBR (California Bearing Ratio): Valor soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 13).

Contenido de humedad: Volumen de humedad de un material determinado expresado en porcentaje. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 16).

Densidad (in situ): Procedimiento para determinar el peso unitario de los suelos en el terreno. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 19).

Equivalente de arena: Determinación del contenido de polvo fino sucio en un material o medidor de cantidad de limo y arcilla según ensayo. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 24).

Fisura: Fractura fina, con un ancho igual o menor a 3mm. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 27).

Napa Freática: Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración (calicata). (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 39).

Pavimento Flexible: Es aquel que está constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 41).

Rasante: Es el nivel terminado de la superficie de rodadura. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 45).

Rehabilitación: Ejecución de las obras necesarias para devolver a la vía, cuando menos sus características originales, teniendo en cuenta su nuevo periodo de servicio. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 46).

Sub-base: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de base. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 49).

Subrasante: Superficie terminada de la vía a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 49).

Superficie de rodadura: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por una o más carriles. (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, MTC. Pág. 50).

II.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo y diseño de la investigación

2.1.1 Tipo de la investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa puesto que se tuvo que realizar ensayos in situ y de laboratorio, obteniendo resultados para su posterior interpretación.

2.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es experimental ya que se realizaron ensayos de laboratorio y ensayos in situ para la correcta validación de datos y determinar el origen de la falla del pavimento.

2.2 Método de investigación

Analítico:

Habiendo definido las variables tanto independiente como dependiente se procedió a inferir la hipótesis para una adecuada propuesta para el diseño del pavimento.

Inductivo:

Con la recopilación de información mediante las tesis e informes pasados, asesoría especializada en la materia de tránsito; y habiendo avanzado con la topografía y estudio de suelos, se dio inicio a la propuesta de diseño del pavimento.

Sintético:

Habiendo concluido con el estudio de suelos y de canteras se realizó el diseño del pavimento con los criterios escogidos correctamente.

Deductivo:

A través de la información obtenida en el estudio de mecánica de suelos se dio conocer las razones del deterioro excesivo de los pavimentos en estudio y las posibles causas que conllevaron a que el deterioro sea acelerado.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Para la presente investigación, la población que se ha puesto en estudio son las carpetas asfálticas e infraestructura viales del distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

2.3.2 Muestra

De las infraestructuras viales existentes en el distrito de José Leonardo Ortiz se han puesto en estudio la Av. Sáenz Peña intersección con Av. Augusto B. Leguía y Av. San Martín intersección con Av. Chiclayo por el estado deteriorado en el que se encuentran.

2.4 Variables

2.4.1 Variable independiente

A. Suelos

Terreno natural, no necesariamente parte de la estructura del pavimento, vendría ser la rasante sobre la cual irá la subbase, base y carpeta de rodadura respectivamente conformando la estructura del pavimento propiamente dicho.

B. Pavimento

Pavimento flexible el cual está constituido por subbase, base y carpeta asfáltica con pendiente transversal y longitudinal apropiadas de modo que sirvan como drenaje eficientemente en caso de lluvias.

2.4.2 Variable dependiente

Diseño de la pavimentación de las Av. Sáenz Peña intersección con Av. Augusto B. Leguía – Av. San Martín intersección con Av. Chiclayo.

Es el conjunto de procesos mediante cálculos y análisis documental se obtiene la nueva infraestructura del pavimento.

2.5 Operacionalización

Tabla 19

Operacionalización de variable independiente.

| VARIABLE DEPENDIENTE | DIMENSIÓN | INDICADORES | SUB INDICADORES | ÍNDICES | TEC. DE RECOL. DE DATOS | INST. DE REC. DE DATOS | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|---------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| SUELO | Propiedades Físicas | Tamaño de la partícula | Fina | mm | Observación | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 | |
| | | | Gruesa | | | | | |
| | | Cont. De humedad | ----- | % | | | Guía de observación Anexo N°03 | Horno |
| | | Consistencia | Plástico | | | | | Vidrio de reloj Copa Casagrande |
| | Líquido | | | | | | | |
| | Propiedades Mecánicas | Densidad | Compactación | % | | Guía de observación Anexo N°04 | Molde de acero | |
| | | Permeabilidad | ----- | % | | Guía de observación Anexo N°04 | Wincha | |
| | Propiedades Químicas | Salinidad | ----- | ppm | | Guía de observación Anexo N°05 | Horno | |
| PAVIMENTO | Carpeta Asfáltica | Agregados | Agregado Grueso | % | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 | | |
| | | | Agregado Fino | | | | | |

| | Asfalto | Emulsión Asfáltica | Guía de observación Anexo N°03 | ----- |
|----------|----------|---|--------------------------------------|-----------|
| Base | Afirmado | <u>Agregado Grueso</u> Agregado Fino | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 |
| Sub Base | Afirmado | <u>Agregado Grueso</u> Agregado Fino | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 |

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 20

Operacionalización de la variable dependiente.

| VARIABLE DEPENDIENTE | DIMENSIÓN | INDICADORES | SUB INDICADORES | ÍNDICES | TEC. DE RECOL. DE DATOS | INST. DE REC. DE DATOS | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| DISEÑO DEL PAVIMENTO | Estudio de tráfico | Conteo de vehículos | Clasificación de vehículos | Veh. / día | Observación | Guía de observación Anexo N°02 | ----- | |
| | Levantamiento Topográfico | Planimetría | Coordenadas | --- | | Guía de observación Anexo N°01 | Estación total, GPS. | |
| | | Altimetría | Cotas | msnm | | | | |
| | Estudio de Mecánica de Suelos | Granulometría | Agregado Grueso | | | | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 |
| | | | Agregado Fino | | | | | |
| | | Límites de Atterberg | Límite Plástico | | | % | Guía de observación Anexo N°03 | Vidrio de reloj Copa Casagrande |
| | | | Límite Líquido | | | | | |
| | CBR | Proctor | | | | Guía de observación Anexo N°07 | Molde de acero | |
| | Contenido de humedad | ----- | | | | Guía de observación Anexo N°03 | Horno | |

| | | | | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------------|---|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| Estudio de Canteras | Densidad | ----- | | | Guía de observación Anexo N°04 | Cono de arena |
| | Sales Solubles Totales | ----- | | | Guía de observación Anexo N°05 | Horno |
| | Granulometría | Agregado Grueso | | | Guía de observación Anexo N°03 | Tamiz N°4 |
| | | Agregado Fino | | | | |
| | Contenido de humedad | ----- | | | Guía de observación Anexo N°03 | Horno |
| | Límites de Atterberg | Límite Plástico | | | Guía de observación Anexo N°03 | Vidrio de reloj |
| | | Límite Líquido | | | | Copa Casagrande |
| | Chatas y Alargadas | ----- | | | Guía de observación Anexo N°09 | Calibrador |
| | Abrasión | ----- | | | Guía de observación Anexo N°08 | Maq. De los ángeles |
| | Equivalente de arena | ----- | | | Guía de observación Anexo N°06 | |
| Diseño Geométrico | Curvas | Horizontales Verticales | m | Análisis Documental | Guía de análisis documental | ----- |

| | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---|---------------|---------------------|-----------------------------|--------------|
| | Bombeo | Pendiente longitudinal Pendiente transversal | m/m | | Guía de análisis documental | |
| Diseño del Pavimento | Pavimento Flexible | Carpeta Asfáltica Base Sub base | Pulgadas m | | Guía de análisis documental | ----- |
| Impacto Ambiental | Diagnóstico | Social Económico | +/- | Análisis Documental | Guía de análisis documental | ----- |
| Costo | Costo Unitario | ----- | S/. | | Guía de análisis documental | |
| Presupuesto | Metrado | Und. de medida | Varios | | Guía de análisis documental | Software S10 |
| Operación y mantenimiento | Preventivo Correctivo | Limpieza Reparaciones | Unidades | Observación | Guía de observación | ----- |

FUENTE: Elaboración propia

2.6 Hipótesis

La evaluación de la infraestructura vial de la Av. Sáenz Peña intersección con Av. Augusto B. Leguía – Av. San Martín intersección con Av. Chiclayo permite proponer la rehabilitación total del pavimento existente.

2.7 Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación las técnicas de recolección usadas fueron observación, entrevista y análisis documental.

2.8 Instrumentos de recolección de datos

2.8.1 Guías de observación

A. Para estudios preliminares

Guía de observación para el levantamiento topográfico. (Anexo N°01).

Guía de observación para estudio de tráfico. (Anexo N°02).

B. Para estudio de mecánica de suelos

Guía de observación para la granulometría. (Anexo N°03).

Guía de observación para el porcentaje de humedad. (Anexo N°03).

Guía de observación para la densidad. (Anexo N°04).

Guía de observación para los límites de Atterberg. (Anexo N°03).

Guía de observación para sales solubles totales. (Anexo N°05)

Guía de observación para equivalente de arena. (Anexo N°06).

Guía de observación de Proctor y CBR (Anexo N°07).

Guía de observación para ensayo de abrasión. (Anexo N°08).

Guía de observación para ensayo de chatas y alargadas. (Anexo N°09).

C. Cuestionario

Se entrevistó al Ing. Nepton David Ruiz Saavedra, especialista en pavimentos, se absolvió preguntas en tanto el diseño y especificaciones que debería llevar la propuesta de diseño realizada.

D. Guía de análisis documental

Tabla 21

Guía de análisis documental

| NORMA | DESCRIPCIÓN | APLICACIÓN |
|--|---|--|
| MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014 (RD N° 028-2014-MTC-14) | En este manual en el cual encontramos pautas para el diseño geométrico, recopilando y organizando procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, acorde a determinados parámetros; tomando en cuenta la información útil y diferentes procesos para su elaboración, considerando clase e importancia de la vía a ser diseñada. | Para esta investigación se ha tomado en consideración para el diseño del tramo en estudio los capítulos II y III del DG-2014 siendo estos, Criterios y controles básicos para el diseño geométrico y Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal, respectivamente. |
| NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (DS N°015-2004-VIVIENDA) | Su objetivo principal es determinar los requerimientos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos urbanos llevándolos desde la vista del estudio de mecánica de suelos e ingeniería vial con el fin de asegurar la durabilidad del pavimento. | En la presente investigación la norma en mención será tomada en cuenta en la mayoría de los capítulos ya que es en la que prácticamente está basado este proyecto. |

MANUAL DE CUMPLE LA FINALIDAD DE DAR
CARRETERAS CRITERIOS HOMOGÉNEOS EN
SECCIÓN MATERIA DE SUELOS Y
SUELOS Y PAVIMENTOS, PARA FACILITAR EL
PAVIMENTOS DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA Y
(DS N°034- LAS OTRAS CAPAS INFERIORES,
2008-MTC) DOTÁNDOLAS DE ESTABILIDAD PARA
(RD N°10- LOGRAR UN MEJOR DESEMPEÑO
2014-MTC/14) TÉCNICO – ECONÓMICO.

Se ha tomado en consideración los capítulos VI tráfico vial, XI afirmados y XII pavimentos flexibles.

MANUAL DE SU FINALIDAD ES UNIFORMIZAR LOS
ENSAYO DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS
MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS
(RD N°18- ENSAYOS TANTO DE LABORATORIO
2016-MTC/14) COMO EN CAMPO, DE LOS
MATERIALES QUE SERÁN USADOS,
asegurando los estándares de
calidad propuestos en los
estudios.

Para la ejecución de los ensayos se revisaron las secciones 1 y 2 las cuales corresponden a suelos y agregados, respectivamente

LEY DEL ES UN SISTEMA ÚNICO Y
SISTEMA COORDINADO DE IDENTIFICACIÓN,
NACIONAL DE PREVENCIÓN, SUPERVISIÓN Y
EVALUACIÓN CORRECCIÓN PREVENTIVA FRENTE A
DE IMPACTO LOS IMPACTOS AMBIENTALES
AMBIENTAL (NEGATIVOS OCASIONADOS POR LOS
LEY N°27446) ACONTECIMIENTOS HUMANOS EN
la realización de proyectos.

Se emplearon todos los capítulos de la presente ley para la elaboración de un plan de mitigación ambiental frente a los daños que ocasione este proyecto.

Fuente: Elaboración propia

III.

RESULTADOS

3.1 Estudio Topográfico.

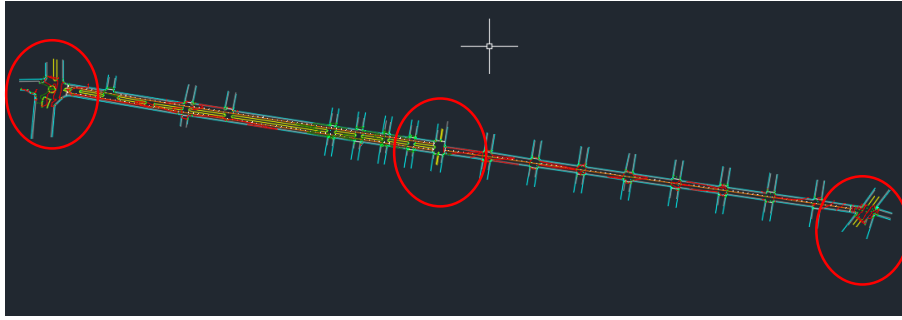


Figura 5: Plano en planta de las avenidas en estudio

Ubicación 01: Av. Saenz Peña intersección con la Av. Augusto B. Leguía.

$$N = 629051.127$$

$$E = 9252626.794$$

Ubicación 02: Av. Saenz Peña intersección con la Av. México.

$$N = 629140.863$$

$$E = 9253412.013$$

Ubicación 03: Av. San Martín intersección con la Av. Chiclayo.

$$N = 629236.829$$

$$E = 9254279.557$$

Se desarrolló el estudio topográfico haciendo un recorrido por las avenidas puestas en estudio, tomando puntos adecuados para su posterior representación, se trabajó con una estación total de la marca Leica modelo I050; en la Av. Sáenz Peña intersección con la Av. Augusto B. Leguía obtuvimos una cota de 29.293 msnm; en Ubicación 02, Av. Sáenz Peña intersección con la Av. México, se encontró una cota de 28.883 msnm así desarrollar una pendiente adecuada al momento del diseño del pavimento para evacuar las aguas por gravedad hasta la Av. México. La cota de Av. San Martín intersección con la Av. Chiclayo, es 29.145 msnm cabe resaltar que los puntos en mención fueron comprobados con GPS. Los planos de ubicación pueden verse en el anexo N°21. (PLANOS U-01 Y U-02).

La libreta de campo usada para la elaboración de planos en levantamiento topográfico consta de 692 puntos los cuales se pueden verificar en el anexo N°10.

3.2 Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico se realizó el conteo vehicular por medio de la observación durante 07 días según MTC. Este estudio se realizó el mes de septiembre del presente año en los días 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, las 24 horas Del día obteniendo los siguientes datos:

Tabla 22

Resumen de conteo de vehículos Av. Saenz Peña

| Tipo de Vehículo | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| AUTOS | 2728 | 2262 | 2580 | 2738 | 2761 | 2853 | 2708 |
| STATION WAGON | 142 | 168 | 127 | 129 | 178 | 158 | 164 |
| CAMIONETA (PICKUP) | 529 | 503 | 325 | 299 | 431 | 539 | 506 |
| CAMIONETA (COMBIS) | 96 | 149 | 42 | 90 | 107 | 69 | 138 |
| CAMION 2E | 29 | 36 | 17 | 22 | 19 | 20 | 9 |
| VOLQUETE 2E | 2 | 1 | 12 | 19 | 16 | 1 | 0 |
| TOTAL | 3517 | 3112 | 3089 | 3290 | 3506 | 3638 | 3516 |

Fuente: Elaboración propia

El índice medio diario anual (IMDa) asciende a 3359 veh/día, el tráfico liviano representó el 99.14 %, mientras que el tráfico pesado un 0.86 %, siendo los autos para el primer caso los vehículos de mayor presencia con un 78.53% y los camiones de 2 ejes para el segundo caso con un 0.64% (Anexo 11).

Tabla 23

Resumen de conteo de vehículos Av. San Martin

| Tipo de Vehículo | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| AUTOS | 865 | 1002 | 849 | 957 | 1084 | 1011 | 524 |
| STATION WAGON | 77 | 108 | 100 | 38 | 26 | 44 | 90 |
| CAMIONETA (PICKUP) | 206 | 108 | 175 | 55 | 59 | 156 | 282 |
| CAMIONETA (COMBIS) | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 1 | 0 |
| BUS 2E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BUS 3E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAMION 2E | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| TOTAL | 1149 | 1218 | 1125 | 1052 | 1185 | 1213 | 896 |

Fuente: Elaboración propia

El índice medio diario anual (IMDa) asciende a 1110 veh/día, el tráfico liviano representó el 99.99 %, mientras que el tráfico pesado un 0.01 %. (Anexo 11).

3.3 Ensayo de mecánica de suelos

La exploración a cielo abierto para el estudio de mecánica de suelos fue desarrollada el día 16 de septiembre del presente año, teniendo como muestra 9 calicatas, las cuales se designaron según la norma CE.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En el procedimiento de recolección de muestras (realización de las calicatas) encontramos que en todo el tramo en estudio sólo se encontró como estructura del pavimento, base y carpeta asfáltica, siendo evidente la falta de sub-base y en su lugar una capa de arenilla que en este caso fue usado como capa anticontaminante mas no como parte de la estructura del pavimento. (Ver Anexo N°12).

Figura 6 Estratos de la calicata N°01



Fuente: Realización de las calicatas

Figura 7 Estratigrafía de la calicata N°01

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Carpeta Asfáltica | 0.00m - 0.05m |
| Afirmado | 0.05m - 0.25m |
| Arenilla | 0.25m - 0.60m |
| Terreno Natural | 0.60m - 1.40m |
| Napa Freática | 1.40m - ... |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla la cual resume los estratos encontrados en los puntos de exploración ya mencionados, con los espesores y ubicación respectiva.

3.3.1 Densidad Neutral ó In-Situ

Este ensayo se realiza en In-Situ en cada punto de exploración (calicata), gracias a este se determina la compactación del terreno.

Tabla 24

Densidad Neutral o in-situ

| DENSIDAD DE CAMPO | | | |
|-------------------|---------|-----------------|------------|
| CALICATA | ESTRATO | MDS (gr/cm3) | % COMP. |
| C-01 | E-01 | 1.834 | 98.7 |
| C-02 | E-01 | 2.023 | 98.8 |
| C-02' | E-01 | - | - |
| C-03 | E-01 | 1.956 | 97.9 |
| C-03' | E-01 | 1.996 | 97.9 |
| C-04 | E-01 | - | - |
| C-04' | E-01 | 1.814 | 98.1 |
| C-05 | E-01 | 1.789 | 92.7 |
| C-06 | E-01 | 1.723 | 97.1 |

Fuente: Elaboración propia

Con este ensayo se determina la compactación del terreno en este caso de la base del pavimento según el ASTM D-1556 y MTC E-117 el porcentaje de compactación de un pavimento es de 95% sin embargo notamos un porcentaje de 92% por debajo de lo que indica la normativa.

3.3.2 Contenido de humedad

Se extrajeron muestras de cada uno de los estratos encontrados por cada punto de exploración (calicata), párrafos abajo se muestra un consolidado de los resultados de las distintas muestras.

Tabla 25*Contenido de humedad*

| CONTEIDO DE HUMEDAD | | |
|---------------------|---------|-------|
| CALICATA | ESTRATO | %W |
| C-01 | E-01 | 8.14 |
| | E-02 | 8.47 |
| | E-03 | 23.59 |
| C-02 | E-01 | 5.59 |
| | E-02 | 9.26 |
| | E-03 | 27.83 |
| C-02' | E-01 | 6.75 |
| | E-02 | 9.26 |
| | E-03 | 26.82 |
| C-03 | E-01 | 6.58 |
| | E-02 | 8.95 |
| | E-03 | 29.83 |
| C-03' | E-01 | 6.49 |
| | E-02 | 7.68 |
| | E-03 | 28.62 |
| C-04 | E-01 | 6.58 |
| | E-02 | 8.95 |
| | E-03 | 29.83 |
| C-04' | E-01 | 5.83 |
| | E-02 | 8.07 |
| | E-03 | 25.29 |
| C-05 | E-01 | 4.95 |
| | E-02 | 6.51 |
| | E-03 | 22.45 |
| C-06 | E-01 | 6.70 |
| | E-02 | 10.60 |
| | E-03 | 23.98 |

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló este ensayo basándose en la N.T.P. 339.127, ASTM D – 2216 se siguieron todos los pasos para llegar a las respuestas correctas, se desarrolló en cada en cada calicata, estrato; este ensayo fue el primero en desarrollarse para no perder la humedad con la cual se encontró en el terreno se obtuvieron los resultados correctos al seguir paso a paso según la norma. El porcentaje de humedad mayor fue de 29.83% que se encontró en la calicata 03 (C-03).

3.3.3 Granulometría

Se extrajeron muestras de cada uno de los estratos encontrados por cada punto de exploración (calicata), párrafos abajo se muestra un consolidado de los resultados de las distintas muestras.

Tabla 26

Análisis Granulométrico por tamizado

| GRANULOMETRIA | | (%) | | |
|---------------|---------|-------|-------|---------|
| CALICATA | ESTRATO | GRAVA | ARENA | ARCILLA |
| C-01 | E-01 | 42.3 | 51.6 | 6.1 |
| | E-02 | 0.10 | 71.1 | 28.8 |
| | E-03 | - | 66.6 | 33.4 |
| C-02 | E-01 | 47.5 | 51.6 | 0.9 |
| | E-02 | - | 63.9 | 36.1 |
| | E-03 | - | 33.2 | 66.8 |
| C-02' | E-01 | 72.4 | 14.3 | 13.3 |
| | E-02 | - | 35.7 | 64.3 |
| | E-03 | - | 34.2 | 65.8 |
| C-03 | E-01 | 70.3 | 25.4 | 4.3 |
| | E-02 | - | 38.9 | 61.1 |
| | E-03 | - | 46.5 | 53.5 |
| C-03' | E-01 | 68.00 | 27.4 | 4.6 |
| | E-02 | - | 75.1 | 24.9 |
| | E-03 | - | 47.9 | 52.1 |
| C-04 | E-01 | 73.3 | 22.3 | 4.4 |
| | E-02 | - | 38.9 | 61.1 |
| | E-03 | - | 46.5 | 53.5 |
| C-04' | E-01 | 72.6 | 27.3 | 0.1 |
| | E-02 | - | 78.6 | 21.4 |
| | E-03 | - | 68.6 | 31.4 |
| C-05 | E-01 | 46.7 | 53.2 | 0.1 |
| | E-02 | - | 41.4 | 58.6 |
| | E-03 | - | 59.1 | 40.9 |
| C-06 | E-01 | 44.7 | 55.2 | 0.1 |
| | E-02 | - | 41.4 | 58.6 |
| | E-03 | - | 58.5 | 41.5 |

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se observa la presencia de grava en el estrato 1 de todas las calitas ya que este es el afirmado que se utilizó para dicho pavimento, y como resultado podemos identificar que el agregado pertenece a una gradación B; al mismo tiempo podemos notar una capa de arenilla perteneciente al estrato 2.

3.3.4 Límites de Atterberg

Tabla 27

Límites de Atterberg

| LIMITES DE ATTERBERG | | | | |
|----------------------|---------|-------|-------|-------|
| MUESTRAS | ESTRATO | LL | LP | IP |
| C-01 | E-01 | 35.99 | 15.67 | 20.32 |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 42.69 | 21.33 | 21.36 |
| C-02 | E-01 | - | - | - |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 56.81 | 26.58 | 30.23 |
| C-02' | E-01 | - | - | - |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 48.56 | 27.66 | 20.90 |
| C-03 | E-01 | 23.23 | 18.21 | 5.02 |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 52.06 | 27.23 | 24.83 |
| C-03' | E-01 | 25.43 | 18.21 | 7.22 |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 51.41 | 27.23 | 24.18 |
| C-04 | E-01 | 20.40 | 16.61 | 3.79 |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 39.3 | 20.39 | 18.91 |
| C-04' | E-01 | 22.6 | 16.61 | 5.99 |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 39.69 | 20.39 | 19.30 |
| C-05 | E-01 | - | - | - |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 57.41 | 26.58 | 30.83 |
| C-06 | E-01 | - | - | - |
| | E-02 | - | - | - |
| | E-03 | 57.79 | 26.58 | 31.21 |

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló el ensayo el cual permite determinar el índice de plasticidad el cual abarca dos ensayos que son límite líquido y límite plástico, los cuales algunos estratos estudiados no presentan índice de plasticidad, siendo principalmente los estratos 1 y 2 correspondientes al afirmado y arenilla respectivamente.

En el caso del afirmado, C-01, C-03, C-03' y C-04' no cumplen con los requerimientos mínimos del agregado fino para la base granular por exceder el 4% máximo como lo estipula la sección de suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.3.5 Sales solubles totales

Tabla 28

%Sales Solubles Totales

| SALES SOLUBLES | | |
|----------------|---------|--------|
| CALICATA | ESTRATO | %SALES |
| C-01 | E-01 | 0.00 |
| | E-02 | 0.20 |
| | E-03 | 0.20 |
| C-02 | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 1.10 |
| C-02' | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 0.20 |
| C-03 | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 0.10 |
| C-03' | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 0.10 |
| C-04 | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.00 |
| | E-03 | 0.10 |
| C-04' | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 0.10 |
| C-05 | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 0.10 |
| | E-03 | 1.10 |
| C-06 | E-01 | 0.10 |
| | E-02 | 1.10 |
| | E-03 | 0.10 |

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo está desarrollado para determinar las cantidades que sales que presentan cada estrato, estos resultados están dentro de un rango el cual se encuentra ya estipulado en la norma de pavimentos urbanos, según los resultados obtenidos de las calicatas estudiadas se encuentran dentro del rango las máximas sales están en la calicata 02 (E-03), calicata 05 (E-03) y en la calicata 06 (E-02) con una cantidad de 1.1%.

3.3.6 Ensayo de abrasión

Tabla 29

% De desgaste a la abrasión

| <i>ENSAYO DE ABRASIÓN</i> | | | |
|---------------------------|---------|----------|-------------|
| | | | (%) |
| CALICATA | ESTRATO | ABRASIÓN | UNIFORMIDAD |
| C-01 | E-01 | 20.4 | 0.7 |
| C-02 | E-01 | 24.6 | 0.6 |
| C-02' | E-01 | 22.3 | 0.5 |
| C-03 | E-01 | 18.9 | 0.8 |
| C-03' | E-01 | 19.6 | 1.0 |
| C-04 | E-01 | 22.4 | 0.2 |
| C-04' | E-01 | 30.8 | 0.5 |
| C-05 | E-01 | 26.0 | 0.9 |
| C-06 | E-01 | 28.8 | 0.9 |

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló este ensayo el cual permite determinar el porcentaje de desgaste que tiene el agregado seleccionado de las mallas 1", ¾", ½" y 3/8". Utilizándose la gradación "B", al colocarse en la máquina de los Ángeles la cual tiene una carga abrasiva de 12 esferas y un total de 500 revoluciones, dando como resultado una uniformidad en los agregados del afirmado de las distintas calicatas.

3.3.7 Ensayo de lavado asfáltico

Tabla 30: *Contenido de asfalto en la carpeta asfáltica*

| % de Asfalto | |
|---------------------|-------|
| Calicata | (%) |
| 01 | 11.43 |
| 02 | 7.77 |
| 03 | 4.58 |
| 03' | 4.19 |
| 04 | 8.85 |
| 04' | 3.11 |
| 05 | 5.73 |
| 06 | 5.92 |

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de este ensayo es determinar el contenido de asfalto presente en la mezcla asfáltica para cada una de las calicatas, el mayor contenido de asfalto se observó en la calicata 01 con un 11.43%.

3.3.8 Estabilidad y flujo Marshall

La estabilidad y flujo Marshall son características de las mezclas bituminosas determinadas a partir de especímenes compactados de una geometría específica y en una manera prescrita. La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga.

Tabla 31 Resultados del ensayo Marshall

| Estabilidad y flujo Marshall | | | |
|------------------------------|--|------------------|------------|
| Punto | Ubicación | Estabilidad (kN) | Flujo (mm) |
| 01 | Av. Saenz Peña cuadra N°18 (MD) | 9.47 | 10 |
| 02 | Av. Saenz Peña cuadra N°18 (MI) | 8.34 | 12 |
| 03 | Av. Saenz Peña cuadra N°21 (MD) | 7.20 | 11 |
| 04 | Av. Saenz Peña cuadra N°21 (MI) | 7.38 | 14 |
| 05 | Av. Saenz Peña cuadra N°22 intersección con Av. Virrey Toledo (MD) | 8.77 | 9 |
| 06 | Av. Saenz Peña cuadra N°22 intersección con Av. Virrey Toledo (MI) | 8.19 | 8 |
| 07 | Av. San Martin cuadra N°11 | 9.23 | 12 |
| 08 | Av. San Martin cuadra N°13 | 9.09 | 10 |
| 09 | Av. San Martin cuadra N°16 | 8.82 | 09 |

Fuente: Elaboración propia

La estabilidad y flujo presentes en los puntos de extracción identificados representan una condición aceptable para los pavimentos existentes en las avenidas en estudio, debido a la norma CE.010 Pavimentos urbanos establece lo siguiente, en avenidas colectoras la estabilidad mínima que debe presentar es de 5.44 kN, en este caso todas las muestras cumplen y en el caso de flujo, menciona que no debe exceder los límites establecidos en el parámetro de (8 – 16), siendo el valor mínimo el punto 06 con 8.19, sin embargo cumpliendo con lo mencionado por la norma.

3.3.9 Equivalente de arena

Por medio de este ensayo se determinó la cantidad de arena que se presenta en la base de la estructura del pavimento.

Tabla 32: *Equivalente de arena*

| <i>EQUIVALENTE DE ARENA</i> | | |
|-----------------------------|---------|--------------|
| CALICATA | ESTRATO | EQUIVALENCIA |
| C-01 | E-01 | 11.0 |
| C-02 | E-01 | 17.0 |
| C-02' | E-01 | 16.0 |
| C-03 | E-01 | 18.0 |
| C-03' | E-01 | 17.0 |
| C-04 | E-01 | 12.0 |
| C-04' | E-01 | 13.0 |
| C-05 | E-01 | 18.0 |
| C-06 | E-01 | 18.0 |

Fuente: Elaboración propia

Gracias a este ensayo se puede determinar las cantidades de arena, finos que se encuentran en el afirmado que se utilizó en el pavimento estudiado, de esta manera se puede determinar que el afirmado usado no fue el adecuado, debido que no llegan al 45% mínimo como lo pide la norma CE.010 de pavimentos urbanos.

3.3.10 Partículas chatas y alargadas

Mediante este ensayo se puede obtener el porcentaje de partículas chatas y alargadas encontradas en todo el material en estudio en este caso en la capa base conformada por afirmado.

Tabla 33: *Partículas chatas y alargadas*

| <i>% DE CHATAS Y ALARGADAS</i> | | |
|--------------------------------|---------|------|
| CALICATA | ESTRATO | % |
| C-01 | E-01 | 1.06 |
| C-02 | E-01 | 1.12 |
| C-02' | E-01 | 1.08 |
| C-03 | E-01 | 1.10 |
| C-03' | E-01 | 1.05 |
| C-04 | E-01 | 1.06 |
| C-04' | E-01 | 0.59 |
| C-05 | E-01 | 1.07 |
| C-06 | E-01 | 1.07 |

Fuente: Elaboración propia

El afirmado usado en la pavimentación evaluada cumple con el porcentaje máximo que debe tener el material a emplearse para este fin, debido que la norma CE.010 Pavimentos urbanos exige como máximo 15.00% de estas partículas.

3.3.11 Proctor Estándar

De la obtención de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del ensayo próctor modificado se obtuvo el % de CBR al 95% para cada una de las capas del pavimento flexible de las calicatas realizadas.

Tabla 34

Próctor y CBR

| PRÓCTOR Y CBR (%) | | | | |
|-------------------|---------|------|---------|-------|
| CALICATA | ESTRATO | MDS | (%) OCH | CBR |
| C-01 | E-01 | 2.14 | 7.24 | 60.3 |
| C-02 | E-01 | 2.18 | 6.3 | 51.9 |
| C-02' | E-01 | 2.16 | 6.45 | 58.7 |
| C-03 | E-01 | 2.19 | 6.7 | 69.7 |
| C-03' | E-01 | 2.45 | 6.29 | 71.3 |
| C-04 | E-01 | 3.32 | 7.8 | 80.6 |
| C-04' | E-01 | 3.21 | 5.99 | 84.14 |
| C-05 | E-01 | 3.24 | 6.79 | 80.47 |
| C-06 | E-01 | 3.41 | 7.1 | 85.37 |

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo es fundamental para la elaboración de esta tesis aplicando en el estrato 01(E-01), de todas las calicatas para determinar si se trabajaron correctamente, sin embargo, también se deben realizar en el primer estrato de la sub-rasante para determinar el espesor del pavimento actual (a desarrollarse).

3.3.12 Clasificación de los estratos

En la siguiente tabla son presentados los resultados necesarios para la clasificación de los estratos en estudio los cuales podremos verificar sus características y comportamiento según su utilización.

Tabla 35*Clasificación Base, Sub Base (compuesta por arenilla)*

| Calicata | Ubicación | Base (Afirmado) | | | Sub Base (Compuesta por Arenilla) | | |
|----------|---|-----------------|---------|-------|-----------------------------------|---------|------|
| | | L.L (%) | I.P (%) | SUCS | L.L (%) | I.P (%) | SUCS |
| C-1 | Av. San Martín intersección de Calle Roma | 36.35 | 15.67 | SP-SC | - | - | SM |
| C-2 | Av. San Martín intersección de la Calle Santa Martha. | - | - | SP | - | - | SM |
| C-2' | Av. San Martín intersección de la Av. Venezuela | - | - | SC | - | - | SP |
| C-3 | Av. Sáenz Peña intersección cacique Cinto | 23.23 | 18.21 | SC-SM | - | - | SP |
| C-3' | Av. Sáenz Peña intersección cacique Cinto | 25.43 | 7.00 | SC | - | - | SP |
| C-4 | Av. Sáenz Peña intersección Av. Leguía | 20.40 | 16.61 | SC | - | - | SP |
| C-4' | Av. Sáenz Peña intersección Av. Leguía | 22.26 | 6.00 | | - | - | SP |
| C-5 | Av. Sáenz Peña intersección Av. Los Libertadores | - | - | SC | - | - | SP |
| C-6 | Av. Sáenz Peña intersección Av. Los Libertadores | - | - | SC | - | - | SP |

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se puede observar la clasificación de los suelos de todas las calicatas en el Estrato 01 y 02, (E-01; E-02) los cuales son la capa de afirmado y la capa anticontaminante (arenilla) las cual en su mayoría presentan un suelo de arena pobremente graduada con grava (SP) y arena limosa (SM) respectivamente según la Clasificación de los Suelos con base SUCS.

3.4 Propuesta de re-diseño del pavimento

Debido al mal estado del pavimento y la infraestructura vial encontrada en la realización de las calicatas se llegó a la conclusión que el pavimento no podría ser reparado y como medida de mejora se decidió optar por un nuevo diseño de pavimentos para las avenidas en estudio.

En el momento de la realización de las calicatas se visualizó la falta de elementos en la estructura del pavimento con respecto al expediente técnico del cual fue ejecutado en gestión actual a fines del año 2016, el cual siendo evaluado en la presente investigación determinamos muchas carencias en él.

Tabla 36

Comparación del expediente técnico y lo ejecutado.

| EXPEDIENTE TECNICO | | EJECUTADO | |
|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| MATERIAL | ESPEJOR | MATERIAL | ESPEJOR |
| OVER (6´) | 20 cm | OVER (6´) | 15cm |
| ARENILLA | 10 cm | ARENILLA | 20 cm |
| SUB-BASE | 15 cm | SUB-BASE | ----- |
| BASE | 15 cm | BASE | 20 cm |
| C. RODADURA | 5 cm | C. RODADURA | 5 cm |
| ES. PAVIMENTO 65 cm | | ES. PAVIMENTO 60 cm | |

Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Estudio de tráfico

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 3.2.

3.4.2 Estudio topográfico

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 3.1.

3.4.3 Evaluación de las redes existentes

En las vías en estudio se presentan redes de agua potable de 18", 8" y 4" de diámetro y alcantarillado de 10" y 12" pertenecientes a la Av. Saenz Peña de la misma manera en la Av. San Martín las redes de agua potable que transcurren cuentan con un diámetro de 10" y la de alcantarillado de 8". La posición exacta y cotas de las redes son presentadas en los planos RA-01, RA-02, RD-01 y RD-02 presentes en el Anexo N°21.

Las redes existentes cuentan con años de servicio ya cumplidos es por ello según la presente investigación se considera el mantenimiento de estas redes con el reemplazo total de tuberías nuevas. El presupuesto para el mejoramiento de estas redes es de S/. 827,004.44 (Son: Ochocientos veintisiete mil cuatro con 44/100 nuevos soles). (Ver Anexo N°17).

Cabe resaltar que se llega a la conclusión del deterioro de estas redes debido al documento recibido por parte de la empresa prestadora de servicios EPSEL, donde expresa la antigüedad de estas. (Anexo N°18).

3.4.4 Estudio de la sub rasante

Para el diseño del nuevo pavimento debemos saber que propiedades presenta la sub-rasante para cual desarrollamos ensayos en el laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Señor de Sipán.

A. Densidad Neutral ó In-Situ

Este ensayo se realiza In-Situ en cada punto de exploración(calicata), gracias a este determinamos la compactación del terreno.

Tabla 37

Densidad Neutral o in-situ

| DENSIDAD DE CAMPO | | |
|-------------------|---------|------|
| CALICATA | ESTRATO | (%) |
| C-01 | E-03 | 97.5 |
| C-02 | E-03 | 95.1 |
| C-03 | E-05 | 96.7 |
| C-03' | E-05 | 97.4 |
| C-04 | E-06 | 95.9 |
| C-04' | E-06 | 95.3 |
| C-05 | E-03 | 96.7 |
| C-06 | E-03 | 96.4 |

Fuente: Elaboración propia

Con este ensayo determinamos la compactación del terreno en este caso de la base del pavimento según el ASTM D-1556 el porcentaje de compactación de un pavimento es de 95%.

B. Contenido de humedad

Se extrajeron muestras de cada uno de los estratos encontrados por cada punto de exploración (calicata), párrafos abajo se muestra un consolidado de los resultados de las distintas muestras.

Tabla 38

Contenido de humedad

| CONTEIDO DE HUMEDAD | | |
|---------------------|---------|-------|
| CALICATA | ESTRATO | %W |
| C-01 | E-03 | 23.59 |
| C-02 | E-03 | 5.95 |
| C-03 | E-04 | 27.69 |
| | E-05 | 30.60 |
| C-03' | E-04 | 26.23 |
| | E-05 | 27.46 |
| C-04 | E-04 | 27.37 |
| | E-05 | 26.63 |
| | E-06 | 24.89 |
| C-04' | E-04 | 28.08 |
| | E-05 | 24.92 |
| | E-06 | 22.59 |
| C-05 | E-03 | 22.45 |
| C-06 | E-03 | 23.98 |

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló este ensayo basándose en la N.T.P. 339.127, ASTM D – 2216 se siguieron todos los pasos para llegar a las respuestas correctas, se desarrolló en cada en cada calicata, estrato; este ensayo fue el primero en desarrollarse para no perder la humedad con la cual se encontró en el terreno se obtuvieron los resultados correctos al seguir paso a paso según la norma. El porcentaje de humedad mayor fue de 30.60% que se encontró en la calicata 03 (C-03), estrato 05 (E-05), se pudo notar que, en las calicatas, estratos la humedad es similar, sin embargo, notamos que a partir del 1.30m la napa freática empieza a aflorar.

C. Contenido de Sales Solubles Totales

Tabla 39

%Sales Solubles Totales

| SALES SOLUBLES | | |
|----------------|---------|--------|
| CALICATA | ESTRATO | %SALES |
| C-01 | E-03 | 0.20 |
| C-02 | E-03 | 1.10 |
| C-03 | E-04 | 0.50 |
| | E-05 | 0.60 |
| C-03' | E-04 | 0.50 |
| | E-05 | 0.60 |
| C-04 | E-04 | 0.40 |
| | E-05 | 0.80 |
| | E-06 | 0.50 |
| C-04' | E-04 | 0.40 |
| | E-05 | 0.80 |
| | E-06 | 0.04 |
| C-05 | E-03 | 1.10 |
| C-06 | E-03 | 1.10 |

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo está desarrollado para determinar las cantidades que sales que presentan, estos resultados están dentro de un rango el cual se encuentra ya estipulado en la norma de pavimentos urbanos, según los resultados obtenidos de las calicatas estudiadas se encuentran dentro del rango las máximas sales están en la calicata 04 (C-04), Estrato 05 (E-05) con una cantidad de 0.8%.

D. Granulometría

Se extrajeron muestras de cada uno de los estratos encontrados por cada punto de exploración (calicata), párrafos abajo se muestra un consolidado de los resultados de las distintas muestras.

Tabla 40*Análisis Granulométrico por tamizado*

| GRANULOMETRIA | | | (%) | |
|---------------|---------|-------|-------|---------|
| CALICATA | ESTRATO | GRAVA | ARENA | ARCILLA |
| C-01 | E-03 | - | 41.6 | 58.40 |
| C-02 | E-03 | - | 13.8 | 86.20 |
| C-03 | E-04 | - | 49.7 | 52.10 |
| | E-05 | - | 32.1 | 67.9 |
| C-03' | E-04 | - | 47.9 | 52.1 |
| | E-05 | - | 32.1 | 67.9 |
| C-04 | E-04 | - | 45.8 | 54.2 |
| | E-05 | - | 58.6 | 41.4 |
| | E-06 | - | 46.1 | 53.9 |
| C-04' | E-04 | - | 45.8 | 54.2 |
| | E-05 | - | 46.3 | 53.7 |
| | E-06 | - | 53.5 | 46.5 |
| C-05 | E-03 | - | 59.1 | 40.9 |
| C-06 | E-03 | - | 58.5 | 41.5 |

FUENTE: Elaboración propia

En el resto de estratos encontramos el terreno natural el cual posee finos, limos y arcillas según los resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos realizados.

E. Proctor y CBR

De la obtención de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del ensayo próctor modificado se obtuvo el % de CBR al 95% para cada una de las capas del pavimento de las calicatas realizadas.

Tabla 41*Próctor y CBR*

| PRÓCTOR Y CBR | | | (%) | |
|---------------|---------|------|---------|------|
| CALICATA | ESTRATO | MDS | (%) OCH | CBR |
| C-01 | E-03 | 2.14 | 7.24 | 60.3 |
| C-02 | E-03 | 2.18 | 6.3 | 51.9 |
| C-03 | E-05 | 2.19 | 6.7 | 69.7 |
| C-03' | E-05 | 2.15 | 6.4 | 75.7 |
| C-04 | E-06 | 3.32 | 7.8 | 80.6 |
| C-04' | E-06 | 3.30 | 7.21 | 65.4 |
| C-05 | E-03 | 2.74 | 6.85 | 78.6 |
| C-06 | E-03 | 2.63 | 6.35 | 72.3 |

Fuente: Elaboración propia

Este ensayo es fundamental para la elaboración de esta tesis aplicando en el estrato 01(E-01), de todas las calicatas para determinar si se trabajaron correctamente, sin embargo, también se deben realizar en el primer estrato de la sub-rasante para determinar el espesor del pavimento actual (a desarrollarse).

F. Clasificación de los Estratos

Tabla 42:

Clasificación del terreno natural de los distintos estratos

| Calicata | E-3 | | | E-4 | | |
|----------|---------|---------|------|---------|---------|------|
| | L.L (%) | I.P (%) | SUCS | L.L (%) | I.P (%) | SUCS |
| C-1 | 42.23 | 21.33 | CL | - | - | - |
| C-2 | 56.78 | 30.00 | MH | - | - | - |
| C-3 | 46.98 | 23.00 | CH | 56.17 | 23.00 | CL |
| C-3' | 50.48 | 23.52 | CL | 56.92 | 23.00 | CL |
| C-4 | 50.20 | 24.00 | CL | 38.99 | 20.29 | CL |
| C-4' | 39.69 | 19 | CL | 50.01 | 24 | CL |
| C-5 | 57.41 | 31 | CH | - | - | - |
| C-6 | 57.79 | 31 | CH | - | - | - |

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla es la continuación sucesiva de los estratos siguientes Estratos (E-03; E-04) en los cuales podemos encontrar Arcilla de baja Compresibilidad (CL), Limo de alta Compresibilidad (MH) y Arcilla de alta Compresibilidad (CH) respectivamente según la Clasificación de los Suelos con base SUCS.

Tabla 43*Clasificación del terreno natural de los distintos estratos II*

| Calicata | E-5 | | | E-6 | | |
|----------|---------|---------|------|---------|---------|------|
| | L.L (%) | I.P (%) | SUCS | L.L (%) | I.P (%) | SUCS |
| C-3 | 56.17 | 33.65 | CH | - | - | - |
| C-3' | 38.99 | 20.29 | CL | - | - | CL |
| C-4 | 37.89 | 20.00 | CL | 43.89 | 22.00 | CL |
| C-4' | 39.45 | 19.00 | CL | 44.22 | 22 | CL |

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con los estratos siguientes podemos determinar que se trabaja con una rasante para la calicata (C-05; C-06), con Arcilla de alta Compresibilidad (CH) y una Arcilla de baja compresibilidad (CL), respectivamente según la Clasificación de los Suelos con base SUCS.

3.4.5 Estudio de canteras

Para el diseño del nuevo pavimento se tuvieron que realizar algunos ensayos a los agregados del afirmado, el cual se eligió de la cantera tres tomas para ser puesta en estudio, debido que es la cantera más cercana a la zona del proyecto.

En los siguientes párrafos se mencionarán los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la Universidad Señor de Sipán, los cálculos para llegar a los resultados expresos podemos observarlos en el Anexo N° 13. Los ensayos realizados fueron:

A. Sales Solubles totales

Párrafos arriba se describe los pasos, normativa y metodología para la realización de este ensayo. (acápites 1.6.1.d.iii.i).

Según la norma CE.010 lo materiales usados como base y sub base no deberán exceder el 1.00% y el 0.05% respectivamente ya que de lo contrario el material será rechazado por el supervisor de la obra y no deberá ser colocado como parte de la estructura del pavimento.

En la presente investigación se obtuvo un resultado de 0.04% (4000ppm) de contenido de sales solubles totales, aprobando de esta manera el uso del afirmado de la cantera 3 tomas. (Ver Anexo N°15).

B. Equivalente de arena

Párrafos arriba se describe los pasos, normativa y metodología para la realización de este ensayo. (acápite 1.6.1.d.iii.b)

Para este ensayo la norma CE.010 nos indica en caso para la sub base el equivalente de arena que debe presentar es de 25% como mínimo, en comparación a la base la cual no tiene parámetros requeridos para este ensayo.

Para la presente investigación se obtuvo un resultado de 25% de equivalente de arena del afirmado, con este resultado se aprueba el uso del afirmado. (Ver Anexo N°13).

C. Abrasión

Párrafos arriba se describe los pasos, normativa y metodología para la realización de este ensayo. (acápite 1.6.1.d.iii.h)

Según la norma CE.010 lo materiales usados como base y sub base no deberán exceder el 40% y el 50% respectivamente ya que de lo contrario el material será rechazado por el supervisor de la obra y no deberá ser colocado como parte de la estructura del pavimento.

El resultado obtenido para este ensayo del afirmado de la cantera 3 tomas es de 26.8% por la tanto si puede ser parte de la estructura del pavimento. (Ver Anexo N°15).

D. Ensayo de CBR

Párrafos arriba se describe los pasos, normativa y metodología para la realización de este ensayo. (acápites 1.6.1.d.iii.c)

Según la norma CE.010 los materiales usados como base y sub base deberán estar por encima del 80% y el 40% respectivamente ya que de lo contrario el material será rechazado por el supervisor de la obra y no deberá ser colocado como parte de la estructura del pavimento.

3.4.6 Diseño geométrico

El diseño geométrico por ser un pavimento ya existente se rige tal como se presenta con modificación en las pendientes en el caso de la Av. San Martín ya que con la presencia de eventos climáticos como lluvias las aguas quedan acumuladas en ciertos tramos; con el nuevo diseño de pendiente las aguas serán llevadas a un punto de colección, en el cual se diseñó sumideros con el fin de ser recolectadas en un punto en común para su posterior extracción en la Av. Chiclayo, cabe resaltar que en la Av. México también serán evacuadas las aguas de la Av. Saenz Peña para que estas sean dirigidas a través de la pendiente hacia su posterior desfogue que está contemplado en un plan integrador para el drenaje pluvial del distrito de José Leonardo Ortiz.

Estas pendientes pueden ser apreciadas en el perfil longitudinal propuesto en el proyecto, también como sus pendientes transversales, planta general, etc. Que encontramos en los planos (PL-01) Y (PL-02). (Ver Anexo N°21).

El diseño geométrico fue diseñado con las pautas correspondientes al manual de carreteras diseño geométrico DG – 2014 de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; este diseño tiene modificación al anterior con respecto a las pendientes longitudinales las cuales son llevadas a un punto de extracción en el cual se ha provisto crear unos sumideros a lo largo del tramo en las cuales el agua escurrirá por medio de tuberías hasta una cámara de bombeo la cual extraerá toda el agua a sus diferentes lugares ya sea el canal Cois o la Av. Chiclayo.

3.4.7 Diseño del pavimento

PAVIMENTO RÍGIDO

Debido al paso de vehículos pesados, ya que se encuentra el estacionamiento de los camiones de la basura de la ciudad de Chiclayo, se decidió optar por la pavimentación rígida en la Av. Sáenz Peña desde la Av. Augusto B. Leguía hasta la Av. Chiclayo.

El tránsito vehicular pesado no es muy frecuente en la zona, pero si tiene una incidencia representativa en la contribución del deterioro acelerado del pavimento, siendo esta una de las razones por las cuales es el cambio del diseño de pavimentos.

El diseño del pavimento está conformado por 16cm de espesor de losa y 15cm de la base, los cálculos que fundamentan estos resultados pueden verse en el Anexo N°14.

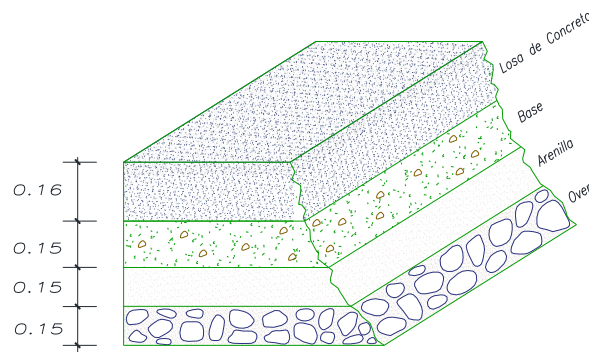


Figura 8: Detalle del pavimento rígido

Fuente: Elaboración propia

PAVIMENTO FLEXIBLE

En el presente estudio en coordinación con las autoridades correspondientes del municipio distrital José Leonardo Ortiz se decidió que a partir de la Av. San Martín el diseño de este pavimento sea flexible por temas económicos correspondientes al presupuesto de la entidad en mención.

Para iniciar el diseño se tuvo que tener en cuenta el estudio de tráfico por la afluencia de tránsito que existe, así como también se necesitó los resultados del ensayo de CBR del terreno natural para determinar los espesores de toda la estructura de pavimento y las capas que lo conforman. (Ver Anexo N°12 - CBR).

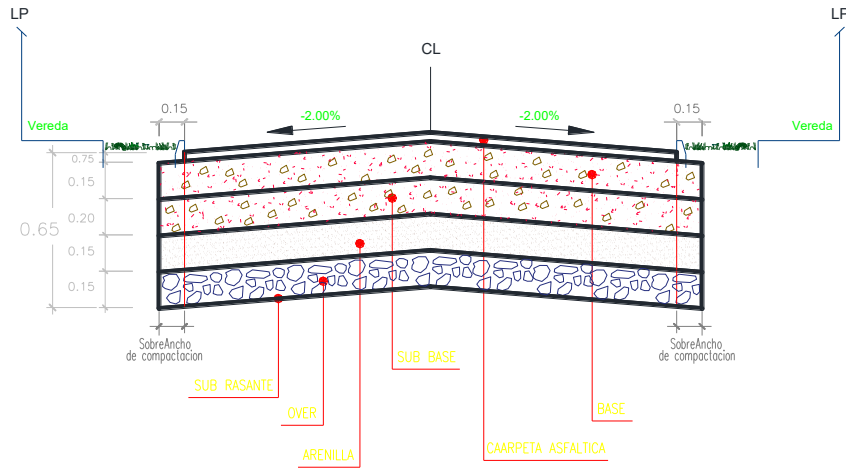


Figura 9: Detalle del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de la nueva propuesta en las avenidas en estudio se utilizó la guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, acápite pavimentos estructurales, además de tablas dadas por la norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), de la misma manera los espesores fueron comprobados con los mínimos que están dados en la mencionada norma y en el Manual Diseño Geométrico (DG-2014). Todos los cálculos están fundamentados por la guía en mención (Ver Anexo N°14).

3.4.8 Sistema de drenaje pluvial

Se calculó el volumen existente presente en máximas avenidas obteniendo un caudal de 0.112 m³/s en la avenida Saenz Peña y 0.072 m³/s en la avenida San Martín para la eliminación de estas aguas con el fin de seguir con el tránsito sin ser interrumpido por fenómenos atmosféricos, se ha considerado el drenaje subterráneo mediante tuberías longitudinalmente a las avenidas en estudio y estas aguas son recolectadas en cámaras de bombeo para luego ser evacuado al canal Cois y a la Av. Chiclayo respectivamente.

Los cálculos correspondientes para los caudales han sido obtenidos mediante el método racional teniendo como apoyo los datos pluviométricos de la estación localizada en Reque (Ver Anexo N°15).

Los detalles del diseño del drenaje se aprecian en los planos que se encuentran en el anexo N°21 (PLANOS: DP-01, DP-02, DP-03, F-01, F-02, DB-01, CB-01).

3.4.9 Impacto ambiental

La determinación y evaluación de impactos ambientales es parte primordial en obras de infraestructura vial, como lo es este estudio, ya que conforma la base para la realización del Plan de Manejo Ambiental, por el cual se plantean medidas que permitan prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos, para la conservación y protección del medio ambiente, así como también la salud de los beneficiarios.

Este estudio comprende mucha importancia debido a que será evaluado sobre la viabilidad ambiental para ser ejecutado, en cual se predecirán los impactos que sean derivados de la ejecución del proyecto.

Es por ello que esta parte de la investigación se harán los estudios para determinar los impactos que surgirán en las avenidas puestas en estudio durante el tiempo de ejecución del proyecto. Las metodologías de identificación y evaluación de impactos ambientales se plantearon a través de la matriz de identificación y la matriz de Leopold.

Tabla 44:

Matriz de identificación

| FACTOR | | ACCIONES | | | | |
|--------------------------|-----------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|---|
| | | MOVIMIENTO DE TIERRAS CON MAQUINARIA | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA | PAVIMENTACIÓN | |
| MEDIO FÍSICO | Atmósfera | Polvo | x | x | x | x |
| | | Olores | | | x | x |
| | | Ruido | x | x | x | x |
| | Suelo | Contaminación Directa | x | x | | |
| MEDIO BIOLÓGICO | Flora | Arboles y arbustos | x | | | x |
| | Fauna | Aves | x | x | x | x |
| MEDIO SOCIO ECONÓMICO | | Paisaje | x | x | x | x |
| | | Salud y Seguridad | x | x | x | x |
| | | Empleo | x | x | x | x |
| | | Efecto Barrera | x | x | x | x |

Fuente: Elaboración propia

Por medio de la aplicación de este método, se identificó y analizó diversos impactos ambientales que se indican a continuación:

Impactos Positivos

Tratándose de una obra de pavimentación, los impactos ambientales son principalmente positivos, porque se establecerá un mejor sistema de articulación vial de la población beneficiada. Los impactos positivos colaterales serán:

Pavimentación de calles.

Mejoramiento medioambiental del entorno urbano y de la salud pública.

Generación de empleo.

Dinamización de la economía local.

Impactos Negativos

Los impactos ambientales negativos no serán de larga duración (días - meses) en el tiempo que conlleve la ejecución del proyecto:

Afecta las vías respiratorias por la emisión de partículas de arenas, gases de maquinaria a causa del movimiento de tierras.

Contaminación de suelos por residuos de obra (cemento, arena, bolsas, etc.).

Riesgo de accidentes de pobladores y personal obrero en el proceso de ejecución de las obras.

Dificultad para el acceso a las viviendas y lugares de recreación, así como para el paso de los vehículos.

Molestias a la población por ruidos de maquinaria y vehículos.

Afecta de la calidad de paisaje (operaciones constructivas y componentes).

Teniendo como base Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental N°27446, los impactos negativos en el presente proyecto no son agraviantes y son temporales ya que solo existirán en la etapa de ejecución del proyecto, estos impactos negativos son corregidos a través de correctas medidas de mitigación.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El plan tiene por finalidad una estrategia de conservación del medio ambiente natural del área del proyecto, en armonía con el desarrollo socioeconómico del área de estudio. Está comprendido por diferentes programas, en los cuales son especificadas las acciones y medidas a ser realizadas con la finalidad de evitar las implicancias ambientales negativas.

Estos programas serán desarrollados en los procesos de planificación, construcción, abandono y operación del proyecto, con la finalidad de conservar el ambiente y generar una prolongada vida útil de la infraestructura vial. Los programas considerados se detallan a continuación:

a. Programa de Mitigación, Prevención y/o Corrección

Las medidas de mitigación y/o correctivas son orientadas básicamente a controlar el origen de impactos negativos y a su vez, estos generen otras alteraciones, las que en conjunto pueden afectar al ambiente del área del proyecto.

El objetivo principal del programa está referido a mitigar los impactos ambientales negativos a niveles considerados aceptables en la zona del presente proyecto.

Otro objetivo es definir las consideraciones ambientales para la ejecución de las diversas actividades que se desarrollan en las distintas etapas, cuidar y proteger los recursos naturales evitando la inestabilidad de la infraestructura.

La presente investigación ha considerado al aire como el componente severamente afectado, por la pérdida de la calidad por emisión de material fino, gases de combustión y ruido. Para mitigar los daños de los impactos al aire se ha propuesto el humedecimiento de las áreas del proyecto en ejecución para evitar la generación de polvo, uso de maquinarias y equipos en buen estado, de ser el caso, se recomienda el uso de silenciadores para equipos y maquinaria.

b. Programa de Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental es la revisión periódica de las variables ambientales durante las etapas de ejecución y operación del proyecto, con la finalidad de elegir decisiones orientadas a la conservación del ambiente. Para cumplir los objetivos trazados, se propone la realización de informes periódicos sobre la situación ambiental del proyecto.

En este sentido, el monitoreo está dirigido a conocer los niveles de calidad de aire y ruidos, para lo cual se propone un monitoreo en la etapa de construcción de frecuencia mensual para ambos casos.

c. Programa de Seguridad y Salud Ocupacional

El objetivo del programa es dar seguridad, protección y atención a los trabajadores que laboren en la ejecución, operación y mantenimiento del proyecto.

d. Programa de Señalización Ambiental

La señalización ambiental tiene por finalidad velar por la afectación del medio ambiente durante la construcción del proyecto, teniendo en cuenta la aplicación en obra de la cartilla de señalización de tránsito y medidas de seguridad.

La señalización ambiental por implementarse es de tipo informativa y preventiva en torno a la salud y la protección del ambiente.

e. Programa de Capacitación y Educación Ambiental

El programa se orienta básicamente a establecer lineamientos básicos referidos a la capacitación sobre educación ambiental durante la ejecución y operación del proyecto. Comprende las actividades destinadas a la generación de conciencia ambiental en el personal de la empresa ejecutora.

f. Programa de Manejo de Residuos

El programa es generado básicamente por minimizar cualquier impacto ambiental, por un inadecuado manejo y/o disposición de los residuos que son generados durante la construcción y operación del proyecto. El programa tiene medidas para el manejo de los siguientes tipos de residuos: residuos sólidos y residuos líquidos.

3.4.10 Costo

Los costos para la presente investigación fueron establecidos a través de costos unitarios los cuales se ingresaron al software S10 y con ayuda de esta herramienta se logró obtener el presupuesto general de la nueva propuesta de diseño para las avenidas en estudio, el cual asciende a S/.4'644,912.36 (Son: Cuatro millones seiscientos cuarenta y cuatro mil novecientos doce con 36/100 nuevos soles).

3.4.11 Presupuesto

Fue elaborado en base a los metrados obtenidos en el estudio del proyecto por partidas a las cuales se les asigna su costo unitario generando un subtotal al cual se le añade gastos generales, utilidad, IGV, formando de esta manera un presupuesto general del cual nos da la cuantificación total del proyecto, el cual asciende a S/.6'115,226.23 (Son: Seis millones ciento quince mil doscientos veintiséis con 23/100 nuevos soles).

3.4.12 Operación y mantenimiento

Esta actividad es responsabilidad directa de la municipalidad distrital de José Leonardo Ortiz, ellos serán los encargados tanto de la ejecución como del mantenimiento y conservación. Para su mantenimiento principalmente comprenden cinco responsabilidades.

- a) Planeamiento del programa anual, incluyendo la prevención de los recursos y el presupuesto necesario.
 - b) Disponer que los fondos sean asignados adecuadamente en toda la vía y decidir las prioridades.
 - c) Programar y autorizar los trabajos.
 - d) Responsabilizarse que las personas a cargo del mantenimiento lo hagan efectiva y adecuadamente.
 - e) Monitorear las actividades controlando su calidad y efectividad.
- ✓ Actividades de mantenimiento

Principalmente hay cuatro actividades que deben ser seguidas para su correcto mantenimiento las cuales dependerán del municipio.

- a) Mantenimiento rutinario, se debe realizar de manera continua independientemente del volumen de tráfico. Por ejemplo: corte de áreas verdes, barrido y limpieza de las señales de tránsito.
- b) Mantenimiento recurrente, está dada a intervalos de tiempo dependiente del volumen de tráfico. Por ejemplo: reparación de grietas y baches.
- c) Mantenimiento periódico, requerido por intervalos de algunos años correspondientes a fallas en el pavimento que requieran recapeo,

reemplazo de carpeta asfáltica, reparación de bermas y rompemuelles, señales, etc.

- d) Mantenimiento urgente, como su propio nombre hace referencia es en casos que requieran atención inmediata o cuando bloqueen la vía.

✓ Tareas de mantenimiento

Hace referencia a la secuencia de trabajos para las actividades de mantenimiento.

- a) Inventario, es el registro o cuantificación de las características básicas de la vía.
- b) Inspección, consiste en la medición de la condición de la vía.
- c) Determinación del tipo de mantenimiento, es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
- d) Estimación de recursos, es el costo de la planificación para definir el presupuesto.
- e) Identificación de prioridades, se decide el orden de prelación en caso los recursos sean limitados.
- f) Programa de trabajo, en esta etapa se controlan los trabajos que vienen siendo ejecutados
- g) Monitoreo, verificación de la efectividad y calidad de los trabajos realizados.

En contraste con la norma CE.010 Pavimentos Urbanos en el capítulo 6 Mantenimiento de Pavimentos podemos decir que las acciones a realizar para su mantenimiento son las correctas ya que cumplen con la normatividad correspondiente y con el adecuado uso de las cajuelas de succión, estas no serán afectadas en posteriores avenidas de lluvias y en su conjunto las avenidas en estudio cumplirán su tiempo de servicio para el cual fueron diseñadas.

IV.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Estudio Topográfico.

Los datos obtenidos del estudio topográfico son contrastados con un BM de referencia con el cual se trabajó siguiendo el recorrido además del uso de GPS para las cotas y coordenadas cartesianas las cuales fueron contrastadas con Google Earth.

4.2 Estudio de Tráfico

El formato empleado para contabilizar los vehículos fue el que es proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se establecieron puntos de conteo los cuales mediante fórmulas empleadas se calculó el Índice Medio Diario Anual (IMDa).

4.3 Ensayo de mecánica de suelos

4.3.1 Densidad in- Situ

De acuerdo con la norma CE.010 Pavimentos Urbanos el valor mínimo de compactación debe ser mayor o igual al 95% ($\geq 95\%$), siendo el único valor que esta por debajo de este valor es el encontrado en la calicata (C-05) con 92%. El procedimiento se realizó como lo estipula la norma MTC E-117, con los requerimientos conformes a lo indicado por la norma.

4.3.2 Contenido de humedad

Se tomó en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dados por la norma MTC E-108 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

4.3.3 Granulometría

Según las especificaciones técnicas generales para la construcción del manual de carreteras (EG - 2013), el afirmado debe cumplir con ciertas características en su gradación el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 45

Granulometría de los agregados para base de concreto asfáltico poroso

| TAMIZ | % QUE PASA |
|-------|------------|
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 95 - 100 |
| 1/2" | 25 - 60 |
| N°04 | 0 - 10 |
| N°10 | 0 - 5 |
| N°200 | 0 - 3 |

Fuente: Tabla 703.05-02 AASHTO

En comparación con los resultados obtenidos en el estudio del presente proyecto la granulometría del afirmado de la base si cumple con los estándares requeridos por la norma, esto indica que si es un agregado aceptable para la construcción del pavimento.

Para la granulometría en el terreno natural no hay parámetros establecidos que exijan la norma, se deben identificar el tipo de suelo al que pertenecen y si son buenos para formar parte del pavimento como sub rasante, caso contrario deberá ser sustituido o mejorado.

4.3.4 Límites de Atterberg

Este ensayo se desarrolló según la N.T.P. 339.129, ASTM D – 4318, se siguió de acuerdo con la norma todo paso para llegar al resultado correcto el cual consiste en determinar el lime líquido, plástico e índice de plasticidad de las muestras obtenidas según las calicatas desarrolladas, con estos resultados se podrá obtener la clasificación de dichos suelos.

Según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos y la tabla N°06 de la presente investigación todos los índices de la base granular deben ser menor al 4% esto quiere decir que las calicatas C-01, C-03, C-03' y C-04 no cumple con dicha condición.

4.3.5 Sales solubles totales

Se tomó en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dado por la norma MTC E-219 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Según la tabla N°03 de la presente investigación nos indica que los valores en la base granular no deben exceder 0.5% de sales, revisando la tabla N°15 de resultados estos valores no exceden a lo que dicen la norma.

4.3.6 Ensayo de abrasión

Este ensayo se desarrolló según la Norma MTC E 207 / ASTM C-131, siguiendo todos los pasos ya establecidos de acuerdo a este ensayo, el cual consiste en determinar el porcentaje de desgaste que tiene las partículas del agregado u hormigón que se utilizó en el pavimento actual del área de trabajo, los porcentajes de desgaste del agregado se encuentra en un rango ya establecido según la norma ya mencionada.

Según la tabla N°03 de la presente investigación nos indica que los valores en la base granular no deben exceder 40% del desgaste y en todos los puntos de investigación están por debajo de lo requerido.

4.3.7 Ensayo de lavado asfáltico

Se tomó en consideración los las recomendaciones y procedimiento a seguir dados por la norma MTC E-502-2000 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

4.3.8 Estabilidad y flujo Marshall

Se tomó en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dados por la norma MTC E-504 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

En las especificaciones técnicas del manual de carreteras proporciona requerimientos mínimos para la aprobación del pavimento los cuales son para estabilidad 5.44 kN y estar dentro del parámetro de 8 - 16 para el flujo, y en los puntos de extracción todas cumplen con lo establecido por la norma CE.010 Pavimentos urbanos.

4.3.9 Equivalente de arena

Se tomó en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dados por las normas ASTM D-2419 y MTC E-114 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Según la tabla N°04 de la presente investigación nos indica que los valores en la base granular no deben estar por debajo del 45%, esto nos quiere decir que los resultados obtenidos en el laboratorio no cumplen dicho requerimiento.

4.3.10 Partículas chatas y alargadas

Para base, subbase por medio de este ensayo podemos determinar para estas dos capas si cumplió con las características adecuadas del diseño antiguo del pavimento según el expediente técnico y los resultados que nos muestre el ensayo; ya que el reglamento pide como máximo el 15.00% de partículas chatas y alargadas.

4.3.11 Proctor Estándar y CBR

Para base, subbase por medio de este ensayo podemos determinar para estas dos capas si cumplió con las características adecuadas del diseño antiguo del pavimento según el expediente técnico y los resultados que nos muestre el ensayo; ya que el reglamento pide como mínimo el 95%.

Sin embargo, aplicando este ensayo a la subrasante según las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) podemos determinar el espesor del nuevo pavimento y así cumplir con el diseño adecuado para este.

4.4 Propuesta de re-diseño del pavimento

4.4.1 Estudio de tráfico

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 4.2.

4.4.2 Estudio topográfico

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 4.1.

4.4.3 Evaluación de las redes existentes

La información presentada en la investigación para la evaluación de redes fue proporcionada por las entidades correspondientes (ENSA y EPSEL), las cuales sirvieron para realizar el metrado y presupuesto habiendo detallado que estas redes ya han cumplido su vida útil y deben ser reemplazadas en su totalidad. (Ver Anexo N° 18).

4.4.4 Estudio de la sub rasante

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 4.3.

4.4.5 Estudio de canteras

La descripción se detalla párrafos arriba, ver ítem 4.3.

4.4.6 Diseño geométrico

El diseño geométrico por ser un pavimento ya existente se rige tal como se presenta con modificación en las pendientes en el caso de la Av. San Martín

Se diseñó con las pautas correspondientes al manual de carreteras diseño geométrico DG – 2014 y el diseño vial urbano de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.4.7 Diseño del pavimento

Los diseños de pavimentos propuestos en la presente investigación se han regido bajo las pautas de la guía AASHTO 93 y la norma CE.010 pavimentos urbanos los cuales presentan parámetros para los diferentes diseños empleados.

4.4.8 Sistema de drenaje pluvial

Para el diseño del drenaje pluvial se solicitó información a la estación meteorológica de Reque del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) la cual sirvió para determinar la cantidad de caudal a evacuar de las avenidas en estudio.

Para la elaboración del diseño de la red de drenaje pluvial se siguieron los pasos y recomendaciones de la norma OS.060 drenaje pluvial urbano, el cual se optó por escoger un drenaje por sumideros, siendo transportadas por tuberías subterráneas.

4.4.9 Impacto ambiental

Para la elaboración del plan de manejo ambiental se utilizó de guía a la ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental N°27446, con la finalidad que las formas de mitigación ambiental sean las adecuadas bajo la normativa establecida.

4.4.10 Costo

Los precios unitarios establecidos en el presente proyecto son extraídos del mercado actual y datos como costos por rendimientos o maquinaria son verificados con la revista de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) en la cual nos brinda estos precios para cada región del país.

4.4.11 Presupuesto

Se utilizó el software S10 presupuestos para la elaboración del presupuesto del proyecto, siendo estos comparados y revisados con proyectos cercanos al área de estudio, esto con la finalidad de que sean correctos los precios asumidos.

4.4.12 Operación y mantenimiento

En la elaboración del plan de operación y mantenimiento se siguieron las recomendaciones de la norma CE.010 Pavimentos Urbanos del capítulo 6 Mantenimiento de Pavimentos, los cuales garantizan las medidas correctas para el plan propuesto en la presente investigación.

V.

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES

1. Las avenidas en estudio Sáenz Peña y San Martín suman una longitud total de 1614.40 ml. Teniendo un área de estudio total de 23, 838.44 m².
2. Con el estudio de tráfico realizado se pudo definir qué tipo de vía es con un índice medio diario (IMDa) de 3359 vehículos, 99.14% son representados por vehículos livianos y según la proyección de estudio a 20 años, se tendrá un total de 4039 vehículos diarios. Mientras tanto para la avenida San Martín tiene un índice medio diario de 1110 veh. /diario y según lo proyectado aumentará a 1515 vehículos diarios.
3. Los resultados obtenidos en los registros exploratorios del pavimento no corresponden con el expediente técnico ejecutado por la municipalidad de José Leonardo Ortiz en el año 2016, debido que en la avenida San Martín no existe subbase granular (afirmado) por el contrario está compuesta por arenilla y en la avenida Sáenz Peña los espesores especificados no son los encontrados y la inexistencia del pedraplén de 6” de espesor.
4. Las redes de agua potable y alcantarillado ubicadas en la zona de estudio ya han cumplido con su tiempo de vida útil es por ello se plantea un cambio de redes total el cual su monto asciende a S/. 827,004.44 (Son: Ochocientos veintisiete mil cuatro con 44/100 nuevos soles).
5. El drenaje pluvial usado es mediante sumideros recolectores, que tienen un recorrido subterráneo mediante tuberías de PVC, las aguas pluviales son llevadas hasta cámaras de bombeo las cuales mediante unas bombas sumergibles transportaran esas aguas al canal Cois y avenida Chiclayo para su evacuación.
6. La propuesta de re-diseño de los tramos en estudio para mejorar la transitabilidad vehicular tiene un costo total de S/. 1,152,226.23 (Son: Seis millones ciento quince mil doscientos veintiséis con 23/100 nuevos soles).

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar materiales adecuados en la infraestructura del nuevo diseño del pavimento que cumplan con la normativa vigente en su ejecución.
2. Se recomienda a la municipal distrital de José Leonardo Ortiz realizar una ordenanza municipal en la cual prohíba la transitabilidad de vehículos pesados por estas zonas.
3. Para la eficiencia total de la propuesta de re-diseño presentada en esta investigación, se recomienda el cambio total a las redes de agua potable y alcantarillado antes de la ejecución de la pavimentación, con la finalidad que esta no sea sujeta a cortes por el mantenimiento de las redes ya mencionadas.
4. Se recomienda seguir con el plan de mantenimiento a las vías propuesto en la presente investigación.

VI.

REFERENCIAS

Borja Suarez Manuel, 2011. "Nuevos pavimentos urbanos para Chiclayo", Perú.

Recuperado de:

<https://ingenieriaactual.wordpress.com/2011/10/25/nuevos-pavimentos-para-chiclayo/>

Chiclayo al día. Problemas y carencias de la ciudad de Chiclayo: una mirada a su infraestructura, Perú.

<http://vigilaperulambayeque.blogspot.pe/2011/09/problemas-y-carencias-de-la-ciudad.html>

Colegio de Ingenieros del Perú. Código Deontológico del Colegio de ingenieros del Perú, periodo 2010-2012. Recuperado de:

http://www.cdlima.org.pe/docs/Codi_Deontologico.pdf

Diario Correo, 2015. "Puno: Carretera que costo S/. 28 millones ya está deteriorada", Perú. Recuperado de:

<http://diariocorreo.pe/ciudad/puno-carretera-que-costó-s-28-millones-ya-esta-deteriorada-642781/>

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Manual de Carreteras. Mantenimiento o Conservación Vial. MTC. (Marzo 2014). Recuperado de:

http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservacion%20Vial%20a%20marzo%202014_digit_original_def.pdf

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014 (Octubre 2014). Recuperado de:

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DG%202014_\(Oct_2014\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DG%202014_(Oct_2014).pdf)

El comercio (2016). "¿Por qué es peligrosos conducir en este país?", Cuba. Recuperado de:

<http://elcomercio.pe/mundo/latinoamerica/cuba-que-peligro-conducir-este-pais-video-noticia-1870647>

- El Herald, 2014. "Mal estado de carreteras impide integración en CA. Recuperado de:
<http://www.elheraldo.hn/mundo/606790-217/mal-estado-de-carreteras-impide-integracion>
- Estela Adrianzén Robert, 2016. "Mezclas Asfálticas". Recuperado de:
<https://es.scribd.com/document/329770694/Mezclas-Asfalticas>
- Luis Fajardo, 2015. BBC Mundo. "Los países con las mejores y las peores carreteras en América Latina". Recuperado de:
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores
- Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. (Abril 2014). Recuperado de:
[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos Manual de Carreteras.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos%20Manual%20de%20Carreteras.pdf)
- Norma ASM C-136 ó N.T.P 400.012: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.
- Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012: Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.
- Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185: Contenido de humedad del agregado fino.
- Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185: Contenido de humedad del agregado grueso.
- Osorio Lird, A. (2008). *Metodología de evaluación in-situ de la capacidad de soporte de bases y Sub bases granulares de pavimentos flexibles con el Deflectómetro de impacto liviano de la pontificia universidad católica de chile.*
- Paredes Mata Larry H. (2012). *Evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en las veredas de la urbanización el mirador y san Martín, distrito de independencia, provincia de Huaraz, región Ancash, abril 2012.*

ANEXOS

- Anexo 01:** Guía de observación para el levantamiento topográfico.
- Anexo 02:** Guía de observación para estudio de tráfico.
- Anexo 03:** Guía de observación para la granulometría, porcentaje de humedad y límites de Atterberg.
- Anexo 04:** Guía de observación para la densidad.
- Anexo 05:** Guía de observación para Sales Solubles Totales.
- Anexo 06:** Guía de observación para equivalente de arena.
- Anexo 07:** Guía de observación para ensayo de Proctor y CBR.
- Anexo 08:** Guía de observación para ensayo de abrasión.
- Anexo 09:** Guía de observación para ensayo de chatas y alargadas.
- Anexo 10:** Libreta de campo usada para el levantamiento topográfico.
- Anexo 11:** Estudio de tráfico.
- Anexo 12:** Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.
- Anexo 13:** Estudio de canteras.
- Anexo 14:** Diseño del pavimento.
- Anexo 15:** Diseño del drenaje pluvial.
- Anexo 16:** Metrados.
- Anexo 17:** Presupuestos.
- Anexo 18:** Documentos EPS.
- Anexo 19:** Permiso municipal.
- Anexo 20:** Panel fotográfico.
- Anexo 21:** Planos.