

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO CON CARPETA ASFÁLTICA Y BASE
TRATADA, PARA LAS CALLES DEL MERCADO NUEVO PROGRESO
SECTOR LA HERMELINDA - TRUJILLO - LA LIBERTAD”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Línea de investigación: Transporte

AUTORES: Br. MAMANI CRUZ ALEX IVAN
Br. SÁNCHEZ CHÁVEZ JIMY ALEX

ASESOR: Ing. BURGOS SARMIENTO TITO ALFREDO

Nº. REGISTRO _____

TRUJILLO – PERÚ

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

Tesis: “Estudio comparativo del diseño del pavimento Flexible y Semirrígido con carpeta Asfáltica y Base Tratada, para las calles del mercado Nuevo Progreso Sector La Hermelinda - Trujillo - La Libertad”

DESARROLLADO POR:

.....
Br. Mamani Cruz Alex Ivan

.....
Br. Sánchez Chávez Jimmy Alex

APROBADO POR:

.....
Presidente
Ing. Mamerto Rodríguez Ramos
N° CIP. 3689

.....
Secretario
Ing. Juan Paul Henríquez Ulloa
N° CIP. 118101

.....
Vocal
Ing. Manuel Alberto Vertiz Malabrigo
N° CIP. 71188

.....
Asesor
Ing. Tito A. Burgos Sarmiento
N° CIP. 82596

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, para el Título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a disposición el presente trabajo titulado: “Estudio comparativo del diseño del pavimento Flexible y Semirrígido con Carpeta Asfáltica y Base Tratada, para las calles del mercado Nuevo Progreso Sector La Hermelinda - Trujillo - La Libertad.”

Atentamente:

.....
Br. Mamani Cruz Alex Ivan

.....
Br. Sánchez Chávez Jimmy Alex

DEDICATORIA

A mis padres, Segundo Mamani Alvarado y Cruz H Alvarado Santillan, por su apoyo y trabajo en todos estos años para poder seguir adelante, por sus consejos y palabras de aliento para así cumplir la meta propuesta, gracias a ellos por todo.

A mis tías, Sara Tuesta Alvarado y Maribel Tuesta Alvarado, por estar siempre conmigo, cuando más lo necesitaba, por su cooperación, apoyo y ayuda incondicional, Gracias por todo.

A mis hermanos, Katherin y José, por el apoyo incondicional como amigos, y de quienes aprendo mucho.

Finalmente a mis sobrinos, Fernando, Juan, Heydi y Anthony, a pesar que son pequeños, aprendo mucho de ellos, y ser un ejemplo para ello.

Bach. Mamani Cruz, Alex Ivan

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma dedico este título a mi **amada Madre Alejandrina**, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi pequeña hija, **Alejandra Valentina**, que con su llegada y a pesar de tener apenas 3 meses, ha colmado de bendiciones y alegría mi vida, convirtiéndose junto a mi madre, en el eje de mi vida. ¡Las amo!

Finalmente hago una mención especial a los no menos importantes de la casa Pekky Bonhy y Melecio, mis pequeñas mascotas, gracias a ellos aprendí a respetar y amar a la naturaleza.

Bach. Sánchez Chávez, Jimy Alex

AGRADECIMIENTO

Agradecer a **Dios** por bendecirme y dado fuerzas para continuar, y cumplir una de mis metas trazadas.

Agradezco también el apoyo incondicional brindado por parte de mí Padre y Tías, que sin dudar ni un solo instante han depositado todo su esfuerzo y dedicación en mí, y que se sientan orgulloso de la persona en que me he convertido.

A nuestro asesor, **Ing. Burgos Sarmiento Tito A.** Por su orientación, apoyo y tiempo brindado para la elaboración de nuestra tesis.

A nuestra Universidad Privada Antenor Orrego, por brindarnos sus conocimientos, aprendizajes y formarme como profesional.

Bach. Mamani Cruz, Alex Ivan

En primer lugar doy infinitamente gracias a **Dios**, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza el amor y el apoyo incondicional brindado por parte de mí **amada Madre**, que sin dudar ni un solo instante ha dedicado parte de su vida en mí, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Sé que estas orgullosa de la persona en que me he convertido.

Agradezco a mis abuelos y tíos quienes con su ejemplo, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida. En especial a mi **tía Vilma** por los cuidados, dedicación y gran amor maternal que me brindo durante mi niñez.

Al Ing. **Burgos Sarmiento Tito A**, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente a mi compañero de tesis, por cada una de sus valiosas aportaciones, los cuales hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me ha demostrado con su amistad.

Bach. Sánchez Chávez, Jimmy Alex

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| APROBACIÓN DE LA TESIS | ii |
| PRESENTACIÓN | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE GENERAL | viii |
| LISTADO DE TABLAS | xii |
| LISTADO DE FIGURAS..... | xiv |
| RESUMEN | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| 1.1. Realidad problemática | 18 |
| 1.1.1. Delimitación..... | 19 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 20 |
| 1.3. Alcances..... | 20 |
| 1.4. Justificación | 20 |
| 1.4.1. Aportes..... | 21 |
| 1.5. OBJETIVOS | 21 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 21 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos | 21 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO..... | 23 |
| 2.1. Antecedentes..... | 23 |
| 2.2. Definición de términos básicos..... | 24 |
| 2.2.1. Tipos de pavimentos. | 25 |
| 2.2.1.1. Pavimento flexible: | 25 |
| 2.2.1.2. Pavimento semirrígido: | 29 |
| 2.2.1.2.1. Suelos adecuados para estabilizar con emulsión asfáltica..... | 31 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO III. HIPÓTESIS | 35 |
| 3.1. Formulación de la hipótesis | 35 |
| 3.2. Variables | 35 |
| CAPITULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 37 |
| 4.1. Materiales..... | 37 |
| 4.1.1. Diseño de técnicas de recolección de información:..... | 37 |
| 4.2. Población y muestra..... | 37 |
| 4.2.1. Población | 37 |
| 4.2.2. Muestra | 37 |
| 4.3. Metodología..... | 37 |
| CAPITULO V. DESARROLLO | 39 |
| 5.1. ESTUDIO DE SUELOS | 39 |
| 5.1.1. Introducción..... | 39 |
| 5.1.2. Objetivo | 39 |
| 5.1.3. Alcance del estudio..... | 39 |
| 5.1.4. Ensayos de laboratorio..... | 39 |
| 5.1.5. Características del subsuelo | 39 |
| 5.1.6. Clasificación del suelo a través de calicatas | 40 |
| 5.1.7. Resultados..... | 41 |
| 5.2. ESTUDIO DE CANTERA..... | 42 |
| 5.2.1. Requisitos para los materiales Granulares | 42 |
| 5.2.1.1. Subbase..... | 42 |
| 5.2.1.2. Base | 44 |
| 5.2.2. CANTERA..... | 45 |
| 5.2.2.1. Cantera El Milagro | 45 |
| 5.2.3. RESULTADO:..... | 49 |
| 5.3. ESTUDIO DE TRÁFICO | 50 |

| | |
|---|----|
| 5.3.1. Introducción..... | 50 |
| 5.3.2. Objetivo | 50 |
| 5.3.3. Alcance Del Estudio | 50 |
| 5.3.4. Metodología de Trabajo..... | 51 |
| 5.3.5. Cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual) | 52 |
| 5.3.6. Demanda de tráfico proyectada | 56 |
| 5.3.7. Tráfico Generado | 60 |
| 5.3.8. Proyección del tráfico total | 64 |
| 5.3.9. Factor direccional y factor de carril..... | 68 |
| 5.3.10. Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes..... | 69 |
| 5.3.11. Calculo de Número de repeticiones | 72 |
| 5.4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO | |
| 76 | |
| 5.4.1. Metodología de Diseño del Pavimento Flexible..... | 76 |
| 5.4.2. MÉTODO GUÍA AASHTO 93 DE DISEÑO | 79 |
| 5.4.2.1. Periodo de diseño | 79 |
| 5.4.2.2. Variables..... | 79 |
| 5.4.3. Parámetro de Diseño de Pavimento Semirrígido..... | 89 |
| 5.4.3.1. Sección de la Estructura del Pavimento Semirrígido | 90 |
| 5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO..... | 95 |
| 5.5.1. Diseño del Pavimento Flexible | 95 |
| 5.5.1.1. Diseños de acuerdo al (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014) | 95 |
| 5.5.1.2. Diseño Propuestos | 96 |
| 5.5.1.3. Ventajas..... | 97 |
| 5.5.1.4. Desventajas..... | 97 |
| 5.5.1.5. Características | 97 |

| | |
|---|-----|
| 5.5.2. Pavimento Semirrígido | 98 |
| 5.5.2.1. Diseños de acuerdo al (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014) | 98 |
| 5.5.2.2. Diseño Propuestos | 99 |
| 5.5.2.3. Ventajas..... | 100 |
| 5.5.2.4. Base tratada | 100 |
| 5.5.3. Resultados..... | 100 |
| 5.6. CUÁL ES EL DISEÑO MÁS ADECUADO TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE, PARA LA ZONA DE ESTUDIO..... | 101 |
| 1) Pavimentos Semirrígidos..... | 101 |
| 5.6.1. Resultados..... | 119 |
| CAPITULO VI: | 120 |
| DISCUSION DE RESULTADOS..... | 120 |
| CAPITULO VI: DISCUSION DE RESULTADOS | 121 |
| CONCLUSIONES..... | 122 |
| RECOMENDACIONES | 124 |
| REFERENCIAS | 125 |
| ANEXOS..... | 127 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Clasificación del suelo a través de calicatas..... | 40 |
| Tabla 2: Cuadro de resumen de la característica del suelo..... | 40 |
| Tabla 3: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular | 43 |
| Tabla 4: Requerimientos de Ensayos Especiales..... | 43 |
| Tabla 5: Requerimientos Granulométricos para Base Granular | 44 |
| Tabla 6: Requerimientos Agregado Grueso | 44 |
| Tabla 7: Requerimientos Agregado Fino..... | 45 |
| Tabla 8: Prospecciones Efectuadas en Calicatas | 47 |
| Tabla 9: Cálculo del IMDA (Av. 7 de Julio)..... | 52 |
| Tabla 10: Calculo del IMDA (AV. LAS AMÉRICAS) | 53 |
| Tabla 11: Calculo del IMDA (AV. PUCARA) | 54 |
| Tabla 12: Calculo del IMDA (AV. PROGRESO)..... | 55 |
| Tabla 13: Resumen del cálculo del Índice Medio Diario Anual | 55 |
| Tabla 14: Tasas promedio de crecimiento anual del tráfico | 56 |
| Tabla 15: Proyección del tráfico normal en la Av. 7 Julio | 56 |
| Tabla 16: Proyección del tráfico normal en la Av. Las Américas..... | 57 |
| Tabla 17: Proyección del tráfico normal en la Calle. Pucara | 58 |
| Tabla 18: Proyección del tráfico normal en la Calle. Progreso | 59 |
| Tabla 19: Resumen de Proyección del tráfico normal en las Av. Estudiadas | 59 |
| Tabla 20: Proyección del tráfico Generado en la Av. 7 Julio | 60 |
| Tabla 21: Proyección del tráfico Generado en la Av. Las Américas | 61 |
| Tabla 22: Proyección del tráfico Generado en la Calle. Pucara | 62 |
| Tabla 23: Proyección del tráfico Generado en la Calle. Progreso | 63 |
| Tabla 24: Resumen Proyección del tráfico Generado en la Av. Estudiadas | 63 |
| Tabla 25: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Av. 7 Julio | 64 |
| Tabla 26: Proyección del trafico Normal + Generado en la Av. Las Américas | 65 |
| Tabla 27: Proyección del trafico Normal + Generado en la Calle. Pucara..... | 66 |
| Tabla 28: Proyección del trafico Normal + Generado en la Calle. Progreso | 67 |
| Tabla 29: Proyección del trafico Normal + Generado en la Av. Estudiadas | 67 |
| Tabla 30: Factor de Distribución y de Carril para determinar el tránsito en el carril de Diseño..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Tabla 31: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimento Flexible y Semirrígido..... | 70 |
| Tabla 32: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación 7 de julio..... | 70 |
| Tabla 33: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Las Américas..... | 70 |
| Tabla 34: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Pucara..... | 71 |
| Tabla 35: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Progreso..... | 71 |
| Tabla 36: Número de Repeticiones de EE 8.2t por Estación..... | 72 |
| Tabla 37: Resumen del Total de repeticiones..... | 75 |
| Tabla 38: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño..... | 76 |
| Tabla 39: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño..... | 77 |
| Tabla 40: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño..... | 78 |
| Tabla 41: Índice de Serviciabilidad inicial (Pi) según rango de tráfico..... | 80 |
| Tabla 42: Índice de Serviciabilidad final (Pt) según rango de tráfico..... | 81 |
| Tabla 43: Coeficiente Estructural de las capas del Pavimento ai..... | 84 |
| Tabla 44: Calidad del Drenaje..... | 85 |
| Tabla 45: Valores recomendados de Espesores mínimos de capa Superficial y Base Granular..... | 85 |
| Tabla 46: Numero Estructural Requerido para Pavimento Flexible (SN) – Periodo de diseño 20 años..... | 86 |
| Tabla 47: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño..... | 89 |
| Tabla 48: Coeficientes Estructurales de las Capas de Pavimento ai..... | 90 |
| Tabla 49: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial..... | 91 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Mapa de Ubicación del Área de Estudio. | 20 |
| Figura 2: Estructura de una vía | 32 |
| Figura 3: Ubicación de las Calicatas | 37 |
| Figura 4: Configuración de ejes | 69 |
| Figura 5: Parámetros | 71 |
| Figura 6: Categoría de sub rasante | 78 |
| Figura 7: Abaco para el cálculo del Numero Estructural Requerido (SNR)..... | 82 |
| Figura 8: Coeficiente estructural a partir del Módulo elástico del concreto asfaltico..... | 82 |
| Figura 9: Variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfaltico | 83 |
| Figura 10: Variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfaltico | 83 |
| Figura 11: Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente – Periodo de diseño 20 años..... | 87 |
| Figura 12: Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente – Periodo de diseño 20 años..... | 88 |
| Figura 13: Catálogo De Números Estructurales (SN) Adoptados Por Tipos De Tráfico Y Sub rasante – Periodo De Diseño 20 Años Carpeta Asfáltica En Caliente + Base Tratada Con Asfalto + Sub base Granular | 92 |
| Figura 14: Catálogo e Estructuras de Pavimento Semirrígido con Base Tratada con Asfalto – Periodo de Diseño 20 Años | 93 |
| Figura 15: Catálogo e Estructuras de Pavimento Semirrígido con Base Tratada con Asfalto – Periodo de Diseño 20 Años | 94 |

RESUMEN

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Mercado Nuevo Progreso, sector La Hermelinda – Trujillo.

En esta tesis se realizará un estudio comparativo entre el diseño del pavimento Flexible y Semirrígido con Base tratada, del cual se analizará cuál de los dos métodos es el más adecuado para la zona, no solo económicamente si no técnicamente para el beneficio de la población.

Para el estudio del proyecto se ha tomado en cuenta el tránsito existente en la zona, de tal modo que con el proyecto se pueda mejorar la circulación vehicular.

Una vez obtenidos los diseños de los dos tipos de pavimentos, haremos una comparación de los tipos de diseño, para dar como resultado cuál de los dos diseños es el más adecuado para el proyecto.

ABSTRACT

The study area is located in Mercado Nuevo Progreso, The Hermelinda - Trujillo sector.

In this thesis a comparative study will be carried out between the design of the flexible and semi-rigid pavement with treated base, which will analyze which of the two methods is the most suitable for the area, not only economically but technically for the benefit of the population.

For the study of the project has taken into account the existing traffic in the area, so that with the project can improve traffic circulation.

Once the designs of the two types of pavements are obtained, we will make a comparison of the types of design, to give as a result which of the two designs is the most suitable for the project.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El transporte es un medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hacia otro. Esto genera una actividad económica, que está al servicio del interés público y que incluye todos los medios e infraestructuras implicadas en el movimiento de personas y bienes. (Ing. Paola Quiroz; Ing German Huerta, 2015).

El transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. En tal sentido, es de gran importancia para la ciudad, que se cuente con una vía eficiente, que permita la comunicación entre sus diferente núcleos urbanos y rurales. (Vallejos, 2014)

En todo el mundo, el concepto de desarrollo de los pueblos, está ligado al desarrollo de su economía, ésta se fundamenta exclusivamente en el comercio, donde se intercambian bienes, servicios, educación y cultura, lo que permite mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

En el Perú las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Dentro de estas se encuentran los caminos, carreteras, etc. Las carreteras permiten optimizar los tiempos de recorrido de los vehículos debido al diseño de su capa de rodadura. Es así como un buen diseño de estas carreteras es necesario para garantizar su correcto desempeño y durabilidad. (Arakaki, 2014).

Actualmente en nuestro país el desarrollo de vías asfaltadas implica la utilización de aditivos para mejorar su comportamiento y durabilidad.

(Pereda Rodriguez, Danfer Alfonso, Cubas Parimango, Nahum Octavio, 2015)

La provincia de Trujillo no es ajena a esta situación, la suma de factores como: el desarrollo actual en infraestructura aún es insuficiente, el crecimiento de vehículos, la cual genera sobreoferta e informalidad, el crecimiento horizontal de

la infraestructura urbana debido al aumento de la población y sus necesidades de vivienda, limitaciones financieras del gobierno central, regional o local para la renovación del parque automotor y la falta de un modelo institucional normativo y técnico han hecho que el sistema de transporte que existe sea deficiente. (Ing. Paola Quiroz; Ing German Huerta, 2015)

Por ello en la zona de estudio, hemos observado varios puntos críticos acerca de infraestructura vial, por lo que hemos decidido realizar un estudio comparativo entre Pavimento Flexible y Pavimento Semirrígido con carpeta asfáltica y base tratada y de esta manera a través de los resultados obtenidos, poder determinar cuál de ellos es más factible al momento de ejecutar un proyecto de pavimentación para dicha zona.

Actualmente en la zona de estudio, las calles que se encuentran entre las avenidas principales; Av. Las Américas y la Av. 7 de Julio, no se encuentran pavimentadas, por lo que hemos decidido realizar un estudio comparativo de los pavimentos flexibles y semirrígidos y así obtener cuál de los pavimentos es más factible utilizar a la hora iniciar un proyecto de pavimentación.

1.1.1. Delimitación

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil dentro del área de pavimentos. En cuanto al desarrollo de la investigación se realizó un levantamiento topográfico, estudio de suelos para determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo, estudio de tráfico y finalmente se hizo la interpretación de resultados, seleccionando el método más adecuado.

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo dentro de las inmediaciones del mercado Nuevo Progreso sector La Hermelinda (Av. Las Américas, Av. 7 de Julio, calle Pucara y calle El progreso) - Trujillo - La Libertad.

Tuvo una duración de 4 meses, desde el mes de Abril 2017 hasta Julio del 2017.

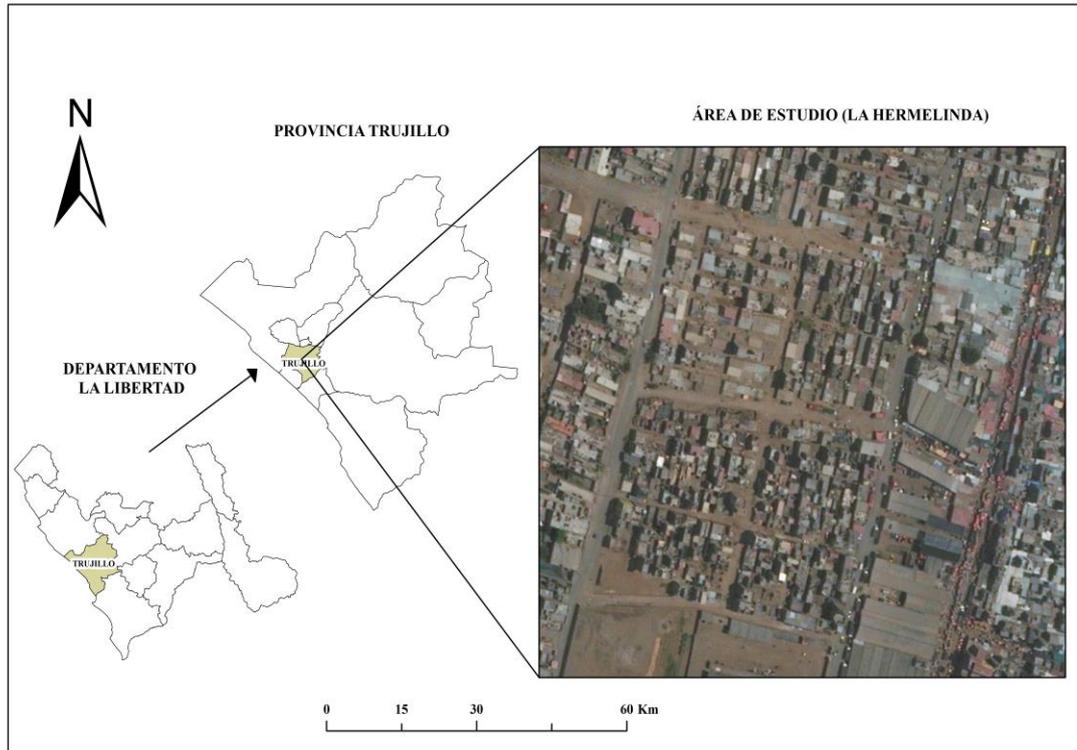


Figura 1: Mapa de Ubicación del Área de Estudio.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál de los métodos de diseño entre pavimento flexible y pavimento semirrígido con carpeta asfáltica y base tratada, es el más adecuado para el mejoramiento de las vías del mercado Nuevo Progreso, sector La Hermelinda - Trujillo - La Libertad?

1.3. Alcances

El alcance del proyecto es a nivel del estudio de tráfico, estudio de suelos.

1.4. Justificación

Con este proyecto de investigación pretendemos dar a conocer la realidad a la que se encuentran expuestos los transportistas y moradores del lugar, tomando como referencia una obra pública, para dar un mayor énfasis a este punto ya que al ser del estado se tendría la suposición de un plan adecuado y organizado en cuanto a este tema.

Este proyecto se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías para el estudio comparativo entre los diseños de pavimento flexible y semirrígidos con carpeta asfáltica y base tratada y así poder trabajar con el diseño más adecuado.

El proyecto de investigación es de mucha importancia porque veremos los riesgos que trae consigo no tener una buena infraestructura vial, ya que este punto altera varios aspectos en la vida de la población.

Los beneficiados con este proyecto serán todos los habitantes, peatones y transportistas que transitan por el lugar.

1.4.1. Aportes

La investigación de este trabajo está basado en dar una solución a la zona de estudio y los beneficiados directos con este proyecto serán todas las personas que habitan en el lugar.

Para esto se realizaron estudio de suelos y estudio de tráfico para obtener información que será de mucha importancia para el proyecto.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Realizar un estudio comparativo del diseño del pavimento flexible y semirrígido con carpeta asfáltica y base tratada, para las calles del mercado Nuevo Progreso, sector La Hermelinda - Trujillo - La Libertad.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de tráfico, estudio de mecánica de suelos.
- Determinar parámetros de diseño para pavimentos flexibles y semirrígidos según su metodología.
- Realizar el análisis comparativo entre las metodologías de diseño de pavimento flexible y semirrígido.
- Determinar cuál es el diseño más adecuado, técnica y económicamente, para la zona de estudio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Gomes Vallejos. Susana Jackelin, (2014) con la tesis titulada: “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau”, para obtener el título de Ingeniero Civil, universidad privada Antenor Orrego, en la ciudad de Trujillo – Perú, concluye lo siguiente:

Que haciendo calicatas, por la similitud que se encontró en las muestras extraídas lo cual nos dio como material predominante una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana plasticidad el cual nos dio como resultado un CBR de Diseño de 8.20 %, este valor es relativamente bajo por el alto porcentaje de finos que se tiene en la muestra.

Burgos Vásquez, Bruno Milton (2014) en la tesis titulada “Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira – El Arenal, en la comuna de Valdivia, para obtener el título, de Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad Austral de Chile, concluye los siguiente:

Que es importante conocer los parámetros a los que está sujeta la ruta seleccionada, como son el clima, la mecánica de suelos donde tiene gran preponderancia el tipo de suelo en que se va a trabajar como también la conformación de la sub-rasante, sin embargo el factor más importante es la cantidad de flujo vehicular. Bajo estos parámetros la solución más viable es la utilización del pavimento flexible debido a que el Transito Medio Diario Anual (TMDA) al que está sujeto el camino que une Santa Elvira con El Arenal no presenta mayor exigencia en cuanto a los Ejes Equivalentes, también referente a los plazos de puesta en servicio, es indudable que la ventaja la adquiera el pavimentos flexible ya que puede abrirse el tránsito, horas después de terminadas las faenas, lo que no sucede con los pavimentos de hormigón ya que necesitan como máximo de 28 días para alcanzar su mayor resistencia de trabajo. Un aspecto donde obtiene ventaja el pavimento rígido es en la conservación del mismo, debido a su bajo deterioro, su costo de mantención es alrededor del 45% más económico que la mantención del pavimento flexible.

2.2. Definición de términos básicos

El pavimento 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. Por lo general está conformado por las siguientes capas: base, sub-base y capa de rodadura.

- a) **Capa de rodadura:** Es la parte superior de un 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.
- b) **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 drenante (CBR mayor o igual a 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- c) **Sub base:** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la capa de rodadura. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad de agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR mayor o igual a 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

- ✓ Con seguridad.
- ✓ Con comodidad
- ✓ Con el costo óptimo de operación
- ✓ Superficie uniforme.
- ✓ Superficie impermeable.
- ✓ Color y textura adecuados.
- ✓ Resistencia a la repetición de cargas.
- ✓ Resistencia a la acción del medio ambiente.
- ✓ Que no trasmita a las capas inferiores esfuerzos mayores a su resistencia.

Existen varios tipos de pavimentos; sin embargo, solo se profundizara en dos por el alcance del proyecto: flexible y semirrígido.

2.2.1. Tipos de pavimentos.

2.2.1.1. Pavimento flexible:

Es una estructura compuesta por capas granulares (sub-base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser de caso aditivo. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezcla asfáltica en frio y mezclas asfálticas en caliente. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

- ***Las características fundamentales que se debe cumplir un pavimento flexible son:***

Resistencia estructural: Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes también se tienen los producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura. (RAQUEL, 2014)

La resistencia de los materiales interesa desde dos puntos de vista:

- En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.
- En cuanto a la capacidad de carga de la capa sub rasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería

Deformabilidad: En algunos aspectos importantes el problema es la deformabilidad de los pavimentos, tiene un planeamiento opuesto al de la resistencia. Con respecto a la deformabilidad, dada en la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y la terracería es mucho más deformable que el pavimento

propriadamente dicho. La deformabilidad interesa sobre todo en niveles profundos pues es fácil que las capas superiores tengan niveles de deformación tolerables aún para los altos esfuerzos que en ellas actúan. (RAQUEL, 2014).

Las cargas de tránsito producen en el pavimento deformaciones elásticas y son de recuperación instantánea. Suelen denominarse deformaciones plásticas, a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora. Bajo la carga móvil y repetida, la deformación tiende a hacerse acumulativa. (RAQUEL, 2014)

Durabilidad: Está ligada a una serie de factores económicos y sociales, la durabilidad que se le dé al camino depende de la importancia de este, en obras de alto tránsito y gran importancia económica se requerirá pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones que perjudique el tránsito por la vía. (RAQUEL, 2014)

Costo: Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los requerimientos del servicio a costo mínimo. En general los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto, los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero un mantenimiento mayor. (RAQUEL, 2014)

Requerimientos de la conservación: Los factores que influyen de gran manera en la vida de un pavimento son: el tráfico, comportamiento de la terracería o capas inferiores, el suelo natural y los agentes externos. (RAQUEL, 2014)

Comodidad: Especialmente en autopistas y caminos de primer orden, los problemas y métodos del diseño de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto, dentro de este requisito quedan también, la seguridad que es el más importante de ellos, la estética y el impacto psicológico en el conductor. (RAQUEL, 2014)

Las deformaciones longitudinales de un pavimento van en contra de la comodidad, representa una deficiencia estructural o riesgo de falla. (RAQUEL, 2014)

- *Las capas que generalmente componen la estructura de un pavimento flexible son las siguientes:*

Carpeta asfáltica: es la capa superficial de la estructura. Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas. (Montejo, 2006).

Base: sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado. (Montejo, 2006)

Sub-base: principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico. (Montejo, 2006).

Además puede servir como una capa de transición ya que actúa como un filtro que separa a la base de la sub rasante impidiendo que los finos penetren en la primera y la dañen estructuralmente.

Esta capa ayuda a controlar los cambios volumétricos que podrían tomar lugar en la sub rasante debido a cambios en su contenido de agua o a cambios de temperatura. De esta manera, las deformaciones serían absorbidas por la sub-base evitando que se reflejen en la carpeta asfáltica.

En cuanto a resistencia cumple la misma función que las capas superiores de transmitir los esfuerzos a la sub rasante.

Por último, a través de esta capa se puede drenar el agua e impedir la ascensión capilar. (Montejo, 2006).

Además en la fase de construcción se pueden utilizar ciertos tratamientos como: la capa de sellado que se coloca encima de la carpeta asfáltica para impermeabilizar la superficie, el riego de liga y la capa de imprimación que sirven para asegurar la adherencia entre asfalto antiguo y nuevo en el primer caso, y entre el material granular y la mezcla asfáltica que se colocará encima en el segundo. (Montejo, 2006).

Desde que se comenzaron a construir pavimentos flexibles se han ido elaborando teorías y desarrollando mejoras para el diseño y el análisis de estas estructuras. Algunos de estos avances son mencionados por Huang. Los métodos de diseño pueden ser clasificados dentro de cinco categorías y se detallan a continuación:

- **Métodos empíricos:** se caracterizan, como su nombre lo indica, por estar basados en datos recolectados de campo. Justamente esta característica resulta una desventaja en sí misma ya que el método sólo puede ser utilizado bajo las condiciones ambientales, de los materiales y de carga de las muestras originales. Los resultados no pueden ser extrapolados directamente y haría falta desarrollar un nuevo método para corregir este inconveniente. (Huang, 2004).
- **Métodos para limitar la falla por corte:** el objetivo de estos métodos es evitar que la falla por corte ocurra. Para esto se deben tener en cuenta principalmente las propiedades de cohesión y el ángulo interno de fricción del suelo de las diferentes capas del pavimento y de la sub rasante. Este procedimiento ya no es tan popular debido a que con el incremento del volumen del tráfico y la mayor velocidad a la que llegan los vehículos se hace necesario brindar comodidad a los usuarios y no solo prevenir la falla por corte de los pavimentos. (Huang, 2004).
- **Métodos para limitar las deformaciones:** con estas técnicas se diseña el pavimento con un espesor que impida que se exceda el límite permisible de deflexiones verticales. La ventaja de utilizar deflexiones como criterio principal

es que se pueden medir directamente en campo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que gran cantidad de pavimentos fallan por esfuerzos y tensiones mayores que los esperados y no por deflexiones. (Huang, 2004).

- Métodos de regresión basados en el desempeño de los pavimentos o en las pruebas de las carreteras: estos procedimientos se caracterizan por utilizar ecuaciones de regresión basadas en los resultados de pruebas de caminos existentes. No obstante, presenta la misma desventaja que el método empírico en que dichas ecuaciones sólo corresponden a las condiciones del lugar en que se encontraba la vía. (Huang, 2004).
- Métodos mecanísticos-empíricos: estos métodos incorporan la mecánica de materiales y los datos obtenidos del rendimiento en campo de los pavimentos. Mediante estas metodologías se llega a relacionar las solicitaciones a las que se ve sometida la estructura con la respuesta de la misma, por ejemplo la carga de las llantas con los esfuerzos ocasionados. (Huang, 2004).

Utilizando este procedimiento se ha podido incrementar la confiabilidad del diseño y predecir el tipo de desgaste o deterioro que podría presentar el pavimento. Asimismo, al contrario de otros métodos antes mencionados, se puede extrapolar a partir de los datos de ciertas zonas o condiciones en que se llevan a cabo pruebas a otras circunstancias.

Un hito importante en el desarrollo de los pavimentos flexibles fue la creación de los conceptos de serviciabilidad y confiabilidad, los cuales se explicarán más a detalle posteriormente en el capítulo de diseño. (Huang, 2004).

2.2.1.2. 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 incluido los pavimentos adoquinados (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Comprende los pavimentos cuya estructura está compuesta por una carpeta asfáltica y base tratada con asfalto, con cemento y con cal, esta solución se recomienda aplicar sobre sub rasante de categoría buena o con CBR mayor o igual que 20% y para tráfico mayores a 1'000,000 de EE. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

La estabilización de suelos es un proceso que se realiza a temperatura ambiente, lo que exige el uso de un asfalto que, bajo tal condición, presente una consistencia apropiada para la mezcla con el suelo, esta característica se logra con 2 productos asfáltico. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015).

a) Emulsión asfáltica

Dispersión homogénea de pequeños glóbulos de cemento asfáltico cubiertos por un emulsificante, dentro de una fase continua acuosa.

El emulsificante es un producto que disminuye la tensión entre el asfalto y el agua, permitiendo que el asfalto se mantenga disperso en el agua en forma de pequeños glóbulos. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015).

Las moléculas del emulsificante tienen un extremo de naturaleza orgánica que es afín con el asfalto y otro cargado eléctricamente que manifiesta afinidad por el agua. Si esta carga es negativa, la emulsión es aniónica, mientras que, si es positiva, la emulsión se denomina catiónica. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015)

Las emulsiones catiónicas exhiben un comportamiento satisfactorio frente a la mayoría de los agregados pétreos, motivo por el cual son las más utilizadas. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015)

El tipo y cantidad del agente emulsificante determinan en gran medida la velocidad con la cual se produce la rotura de la emulsión (separación de las dos fases). Existen emulsiones de rotura rápida (RR), de rotura media (RM) y de rotura lenta (RL).

Las emulsiones apropiadas para la estabilización de suelos son las de rotura lenta. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015)

b) Asfalto espumado

El asfalto espumado se forma por la inyección de una pequeña cantidad de agua fría del orden de 2% del peso del asfalto y aire comprimido a una masa de cemento asfáltico caliente. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015)

Al entrar el agua en contacto con el asfalto caliente se convierte en vapor, el cual queda atrapado dentro de diminutas burbujas de asfalto, formándose una espuma de gran volumen.

Después de algunos segundos, la espuma se enfría y el vapor en las burbujas se condensa causando el colapso y la desintegración de la espuma. Entonces, el cemento asfáltico recupera tanto su volumen inicial como sus propiedades reológicas originales. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015).

2.2.1.2.1. Suelos adecuados para estabilizar con emulsión asfáltica

a) Suelos de grano fino

La posibilidad de estabilizar suelos de grano fino con asfalto depende de su plasticidad y de la cantidad de material que pasa el tamiz # 200.

Un exceso de partículas finas se traduce en una superficie específica muy grande, que exigiría una proporción considerable de asfalto para cubrir la superficie de todas las partículas. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015).

b) Estructura de una vía

Con el fin de dar aclaración sobre el tema se explica brevemente de que se trata una estructura de una vía la cual se define como estructura construida sobre la sub rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: sub base, base y rodadura. (Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia , 2015)

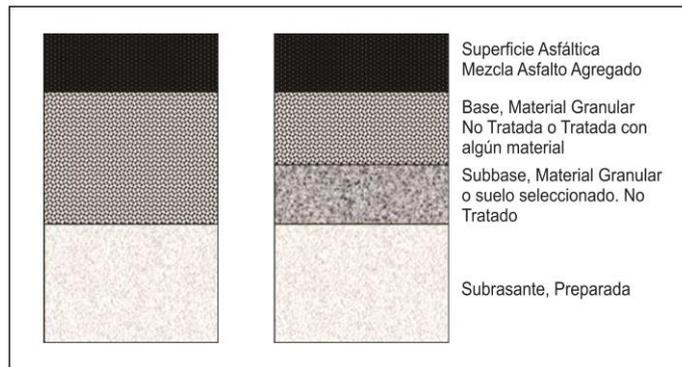


Figura 2: Estructura de una vía

c) Base granular

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural. (David, 2013).

Los materiales que forman esta capa deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento.

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso. (David, 2013).

d) Base estabilizada

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, esta mezcla se combina con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Sub-base. (David, 2013).

Los materiales estabilizadores más utilizados son: asfalto, enzimas, emulsiones asfálticas, cemento y cal. (David, 2013).

e) Superficie de rodadura

Es la capa que conforma la estructura del pavimento más externa, se coloca sobre la base. (David, 2013).

La función principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores. (David, 2013)

La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos. (David, 2013).

La capa de rodadura aumenta la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo. (David, 2013).

CAPITULO III

HIPÓTESIS

CAPITULO III. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

El diseño de pavimento flexible, es más adecuado que el diseño de pavimento semirrígido con carpeta asfáltica y base tratada, para las calles que se encuentran entre las avenidas principales; Av. Las Américas y la Avenida 7 de Julio.

3.2. Variables

VI: Diseño de pavimento Flexible y pavimento Semirrígido con base tratada.

VD.: EAL de diseño, CBR de diseño.

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Diseño de técnicas de recolección de información:

Observación directa en la zona de estudio.

Las técnicas y recolección de datos para la presente investigación será la observación, las cuales se utilizarán con el fin de recopilar datos sobre la situación existente, el cual nos ayudará a asegurar la investigación.

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

Las vías en el mercado Nuevo Progreso - Sector La Hermelinda - Distrito de Trujillo.

4.2.2. Muestra

Mercado Nuevo Progreso sector La Hermelinda - Trujillo - La Libertad.

Calles: Av. Las Américas, Av. 7 de Julio, Calle Pucara y Calle El progreso.

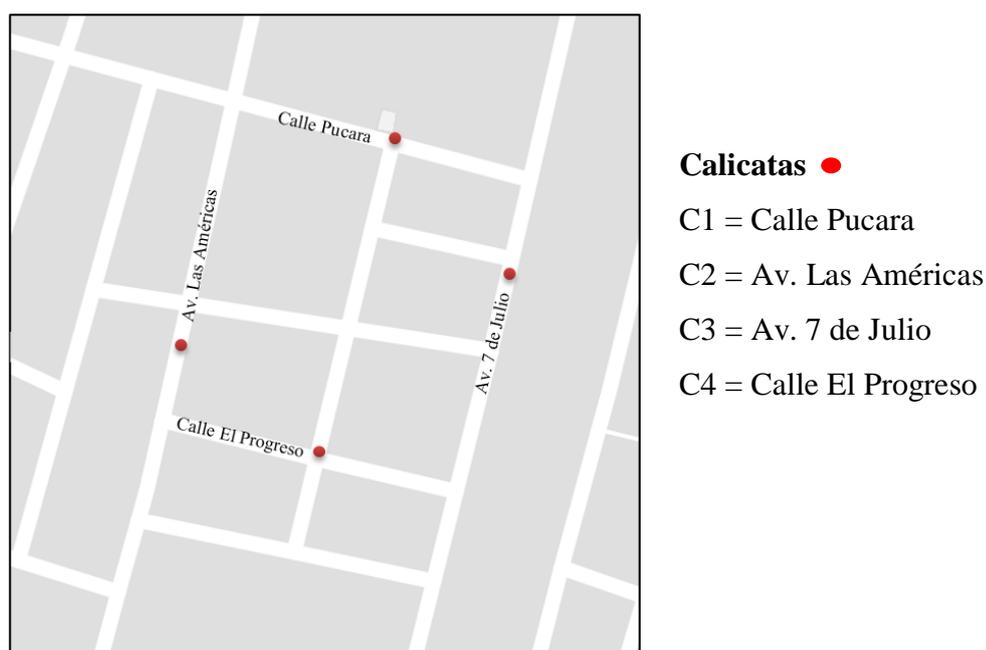


Figura 3: Ubicación de las Calicatas

4.3. Metodología

Investigación Descriptiva: Porque comparamos a través de la descripción dos métodos existentes.

CAPITULO V

DESARROLLO

CAPITULO V. DESARROLLO

5.1. ESTUDIO DE SUELOS

5.1.1. Introducción

La exploración e investigación del suelo es muy importante, tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento.

Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

5.1.2. Objetivo

- Determinar el tipo de suelo.
- Determinar el CBR.

5.1.3. Alcance del estudio

La información que será levantada servirá de un lado como base para determinar el tipo de suelo, y el CBR.

El estudio de suelos se realizó en las Av. 7 de julio, Av. Las Américas, Calle. Pucara, Calle. El Progreso.

5.1.4. Ensayos de laboratorio.

- Contenido de Humedad ASTM -2216.
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D- 422.
- Ensayo de relación de soporte de California (CBR).
- Proctor Modificado.
- Perfil Estratificado

5.1.5. Características del subsuelo

- Arena Pobremente Graduada.

5.1.6. Clasificación del suelo a través de calicatas

Tabla 1: Clasificación del suelo a través de calicatas

| CALICATA 1 | CALICATA 2 | CALICATA 3 | CALICATA 4 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| (2.00 m) | (2.00 m) | (2.00 m) | (2.00 m) |
| Arena Pobrementemente | Arena Pobrementemente | Arena Pobrementemente | Arena Pobrementemente |
| Graduada | Graduada | Graduada | Graduada |

Tabla 2: Cuadro de resumen de la característica del suelo

NOMBRE DEL PROYECTO: “ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO CON CARPETA ASFÁLTICA Y BASE TRATADA, PARA LAS CALLES DEL MERCADO NUEVO PROGRESO SECTOR LA HERMELINDA - TRUJILLO - LA LIBERTAD”

UBICACIÓN: HERMELINDA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

| MUESTRA DE CALICATA N° | HUMEDAD DE LA PROFUNDIDAD | | Granulometría % pasa | | | | CLASIFICACION | | COMPACTACION | | | | CBR (%) | Descripción |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|----------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|
| | % | m | N° 4 | N° 10 | N° 40 | N° 200 | AASTHO | SUCS | Proctor Mod. (g/cm3) | Humedad Optimo % | Dens. Terr. (g/cm3) | % de compactación | | |
| C-1 | 17.24 | 2.00 | 98.57 | 64.48 | 9.6 | 2.11 | A-1-b (0) | SP | 1.87 | 10.25 | --- | --- | 12.80 | Arena Pobrementemente Graduada |
| C-2 | 16.51 | 2.00 | 98.61 | 63.93 | 9.32 | 2.43 | A-1-b (0) | SP | 1.93 | 9.13 | --- | --- | 14.30 | Arena Pobrementemente Graduada |
| C-3 | 16.65 | 2.00 | 96.24 | 66.89 | 12.26 | 2.76 | A-1-b (0) | SP | 1.93 | 9.43 | --- | --- | 16.50 | Arena Pobrementemente Graduada |
| C-4 | 15.4 | 2.00 | 96.21 | 66.86 | 16.37 | 2.61 | A-1-b (0) | SP | 1.94 | 10.34 | --- | --- | 12.60 | Arena Pobrementemente Graduada |

5.1.7. Resultados

- Como resultado del ensayo de CBR se obtuvo 4 valores parecidos y/o similares $C1=12.80\%$, $C2=14.30\%$, $C3=16.50\%$ y $C4=12.60\%$, los cuales se encuentran dentro del mismo rango de categoría de Sub rasante (S_3 Sub rasante buena, de $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$), según el (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).
- Para evitar el sobre costo en la capa de rodadura, dividimos la sección con la finalidad de agrupar sub sectores con valores de CBR similares ($C1=12.80\%$ y $C4=12.60\%$) y ($C2=14.30\%$, y $C3=16.50\%$), de estos dos grupos obtendremos el valor promedio en cada una de ellas.

5.2. ESTUDIO DE CANTERA

Como ya se ha mencionado anteriormente, la estructura del pavimento está conformada por capas granulares, las cuales provienen de las canteras próximas a la obra.

En este caso, existe una cantera cercana a la zona de estudio, esta es: la cantera “El Milagro” que está ubicada en el Km. 586+600 de la Panamericana Norte, al lado izquierdo.

5.2.1. Requisitos para los materiales Granulares

5.2.1.1. Subbase

Para la construcción de afirmados y subbases granulares, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras clasificados y aprobados por el Supervisor o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000).

Los materiales para base granular solo provendrán de canteras autorizadas y será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000).

En ambos casos, las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000).

Los requisitos de calidad que deben cumplir los diferentes materiales y los requisitos granulométricos se presentan en la especificación respectiva. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000).

Para el traslado del material para conformar subbases y bases al lugar de obra, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado, a fin de evitar que afecte a los trabajadores

y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000)

Los montículos de material almacenados temporalmente en las canteras y plantas se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos y protegerlos de excesiva humedad cuando llueve. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2000).

Tabla 3: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

| 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 (3/8") | 30 – 65 | 40 – 75 | 50 – 85 | 60 – 100 |
| 4.75 mm (N° 4) | 25 – 55 | 30 – 60 | 35 – 65 | 50 – 85 |
| 2.0 mm (N° 10) | 15 – 40 | 20 – 45 | 25 – 50 | 40 – 70 |
| 4.25 um (N° 40) | 8 – 20 | 15 – 30 | 15 – 30 | 25 – 45 |
| 75 um (N° 200) | 2 – 8 | 5 – 15 | 5 – 15 | 8 – 15 |

Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) del MTC.

Además, el material también debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 4: Requerimientos de Ensayos Especiales

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimiento | |
|--|-----------|------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | | < 3000 msnm | > 3000 msnm |
| Abrasión | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 50 % máx | 50 % máx |
| CBR (1) | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 40 % mín | 40 % mín |
| Límite Líquido | MTC E 110 | D 4318 | T 89 | 25 % máx | 25 % máx |
| Índice de Plasticidad | MTC E 111 | D 4318 | T 89 | 6 % máx | 4 % máx |
| Equivalente de Arena | MTC E 114 | D 2419 | T 176 | 25 % mín | 35 % mín |
| Sales Solubles | MTC E 219 | | | 1 % máx. | 1 % máx. |
| Partículas Chatas y Alargadas (2) | MTC E 211 | D 4791 | | 20 % máx | 20 % máx |

Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) del MTC.

5.2.1.2. Base

Así como para la subbase, para la base también existen cuatro gradaciones.

Tabla 5: Requerimientos Granulométricos para Base Granular

| 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 (3/8") | 30 – 65 | 40 – 75 | 50 – 85 | 60 – 100 |
| 4.75 mm (N° 4) | 25 – 55 | 30 – 60 | 35 – 65 | 50 – 85 |
| 2.0 mm (N° 10) | 15 – 40 | 20 – 45 | 25 – 50 | 40 – 70 |
| 4.25 um (N° 40) | 8 – 20 | 15 – 30 | 15 – 30 | 25 – 45 |
| 75 um (N° 200) | 2 – 8 | 5 – 15 | 5 – 15 | 8 – 15 |

Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) del MTC.

Además, también existen requerimientos tanto para el agregado grueso como para el agregado fino.

a) Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

Tabla 6: Requerimientos Agregado Grueso

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitud | |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|------------------------|-------------|
| | | | | < Menor de 3000 msnm | ≥ 3000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80 % min. | 80 % min. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 40 % min. | 50 % min. |
| Abrasión Los Angeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40 % máx | 40 % max |
| Partículas Chatas y Alargadas (1) | MTC E 221 | D 4791 | | 15 % máx. | 15 % máx. |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | D 1888 | | 0.5 % máx. | 0.5 % máx. |
| Pérdida con Sulfato de Sodio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | .-. | 12 % máx. |
| Pérdida con Sulfato de Magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | .-. | 18 % máx |

Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) del MTC.

b) Agregado Fino

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrá provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Tabla 7: Requerimientos Agregado Fino

| Ensayo | Norma | Requerimientos | |
|------------------------|-----------|------------------|-----------------|
| | | < 3 000 m.s.n.m. | > 3 000 m.s.n.m |
| Índice Plástico | MTC E 111 | 4 % máx | 2% máx |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 35 % mín | 45% mín |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | 0,55 % máx | 0,5% máx |
| Índice de durabilidad | MTC E 214 | 35 % mín | 35% mín |

Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras (EM-2000) del MTC.

5.2.2. CANTERA

5.2.2.1. Cantera El Milagro

Ubicación: Se ubica en el Km. 586+600 de la Panamericana Norte, al lado izquierdo.

Accesibilidad: A partir del Km. 586+600, seguir 1.9 Km. hasta el Km. 584+700 de la Panamericana Norte y luego avanzar por el lado izquierdo a través de una trocha carrozable en regular estado de conservación de longitud promedio 1.4 km se logra llegar al centro de gravedad de la cantera; completando una longitud total de 3.3 Km.

Descripción: El material corresponde a depósitos aluviales, constituidos por una mezcla de gravas de forma sub-redondeadas a redondeadas, envueltas en arena de grano grueso y angulosa, color marrón claro, bajo contenido de humedad, contiene cantos rodados de tamaño máximo de 8.0” y un porcentaje promedio bloques mayores a las 20.0” de 2%. El material clasifica en sistema AASHTO como A-1-b (0).

Propietario: Propiedad particular. Esta cantera, en la actualidad es explotada por diferentes concesionarios, por lo cual su utilización requiere coordinación con los correspondientes representantes.

Potencia: Tiene una potencia total calculada de 103041.68 m³.

Usos Propuestos: Sub base, Base Granular, Mezcla Asfáltica en Caliente y Tratamiento Superficial Bicapa.

Explotación: La extracción y explotación se realizará con cargador frontal, tractor, volquetes y retroexcavadora, requiere adicionalmente limpieza superficial por la presencia de material de restos sólidos y orgánicos (basura).

Tratamiento: Por uso se requiere el siguiente tratamiento.

- Sub base granular: Zarandeo y Mezclado.
- Base Granular: Trituración Secundaria, Zarandeo y Mezclado.
- Mezcla Asfáltica: Trituración Secundaria, Zarandeo y Mezclado.
- Tratamiento Superficial Bicapa: Zarandeo y Trituración Secundaria.

Se podrán utilizar zarandas estáticas o vibratorias. La explotación se puede realizar durante todo el año.

Rendimiento: Por uso se tiene un rendimiento estimado de:

| | |
|-------------------------------------|------|
| Sub base Granular | 80% |
| Base Granular | 90% |
| Mezcla Asfáltica..... | 90% |
| Tratamiento Superficial Bicapa..... | 50 % |

Periodo De Explotación: Los 12 meses del año.

Evaluación: El material registrado en la cantera alcanza un estrato de potencia promedio de 2.00 m. conformado por gravas de forma sub-redondeadas a redondeadas, envueltas en matriz arenosa gruesa, de regular peso específico, mediana a buena resistencia al golpe y textura lisa, color gris, seca, no presenta plasticidad, de consistencia media y compacidad media. Las calicatas ejecutadas en esta cantera se presentan en la siguiente tabla, en donde se muestran las coordenadas de las mismas y el número de muestras obtenidas:

Tabla 8: Prospecciones Efectuadas en Calicatas

| CALICATA | COORDENADAS | | LADO | N° MUESTRA |
|-------------|-------------|---------|-----------|---------------|
| | NORTE | ESTE | | |
| C-01 | 9,112,808 | 711,855 | Izquierdo | 1 |
| C-02 | 9,112,828 | 711,792 | Izquierdo | 1 |
| C-03 | 9,112,928 | 711,824 | Izquierdo | 1 |
| C-04 | 9,113,079 | 711,968 | Izquierdo | 1 |
| C-05 | 9,113,049 | 711,848 | Izquierdo | 1 |
| C-06 | 9,112,902 | 711,942 | Izquierdo | 1 |
| C-07 | 9,113,116 | 711,863 | Izquierdo | 1 |
| C-08 | 9,113,082 | 711,861 | Izquierdo | 1 |
| C-09 | 9,113,001 | 711,845 | Izquierdo | 1 |
| C-10 | 9,112,968 | 711,845 | Izquierdo | 1 |
| C-11 | 9,112,870 | 711,833 | Izquierdo | 1 |
| C-12 | 9,112,875 | 711,897 | Izquierdo | 1 |
| C-13 | 9,112,971 | 711,909 | Izquierdo | 1 |
| C-14 | 9,113,055 | 711,922 | Izquierdo | 1 |
| C-15 | 9,113,023 | 711,957 | Izquierdo | 1 |

La evaluación de los resultados obtenidos se presenta en la tabla adjunta. A partir de lo anterior se concluye que los agregados pétreos satisfacen los requisitos de calidad para la conformación de Sub base Granular, Base Granular, Mezcla asfáltica, TSB y Concreto Hidráulico conforme a las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000).

Tabla 7: Resumen de Resultados de Ensayos de Laboratorio

| ENSAYOS DE LABORATORIO EJECUTADOS | RELLENO | | | NORMA MTC | | | CANTERA EL MILAGRO | | | |
|--------------------------------------|----------|----------|------------|------------|------------|---------|--------------------|------|---------|----------|
| | RELLENO | SUB BASE | BASE | ASFALTO | CONCRETO | PROM | SUB BASE | BASE | ASFALTO | CONCRETO |
| LL N° 40 (%) | - | 25% | - | - | - | 17.16 | Ok. | - | - | - |
| IP N° 40 (%) | 10% | 6% Max. | 4% Max. | NP | - | NP | Ok. | Ok. | Ok. | - |
| IP N° 200 (%) | - | - | - | 4% Max. | - | NP | - | - | Ok. | - |
| ABRASIÓN (%) | 60% Max. | 50% Max. | 40% Max. | 40% Max. | 40% Max. | 27.20 | Ok. | Ok. | Ok. | Ok. |
| CBR 2.5 mm | - | 40% Min. | 80% Min. | - | - | 101.50 | Ok. | Ok. | - | - |
| EQUIVALENTE ARENA (%) | - | 25% Min. | 35% Min. | 55% Min. | 65% Min. | 73.0 | Ok. | Ok. | Ok. | Ok. |
| PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS | - | 20% Max. | 15% Max. | 10% Max. | - | 5.00 | Ok. | Ok. | Ok. | - |
| CARAS DE FRACTURA (1 ó, mas) | - | - | 80% Min. | 85% Min. | - | 100.0 | - | Ok. | Ok. | - |
| CARAS DE FRACTURA (2 ó, mas) | - | - | 40% Min. | 50% Min. | - | 84.8 | - | Ok. | Ok. | - |
| DURABILIDAD ARENA (%) | - | - | - | - | 15% Max. | 0.38 | - | - | - | Ok. |
| DURABILIDAD PIEDRA (%) | - | - | 18% Max. | 18% Max. | 12% Max. | 2.55 | - | Ok. | Ok. | Ok. |
| INDICE DE DURABILIDAD PIEDRA (%) | - | - | - | 35% Min. | - | 43.4 | - | Ok. | Ok. | - |
| INDICE DE DURABILIDAD ARENA (%) | - | - | 35% Min. | 35% Min. | - | 66.47 | - | Ok. | Ok. | - |
| ANGULARIDAD DEL AGREG. FINO (%) | - | - | - | 40% Min. | - | - | - | - | Ok. | - |
| CL ARENA (%) | - | - | - | - | 0.10% Max. | - | - | - | - | - |
| CL PIEDRA (%) | - | - | - | - | 0.10% Max. | - | - | - | - | - |
| SO4 ARENA (%) | - | - | - | - | 0.06% Max. | - | - | - | - | - |
| SO4 PIEDRA (%) | - | - | - | - | 0.60% Max. | - | - | - | - | - |
| SST ARENA (%) | - | 1% Max. | 0.55% Max. | 0.50% Max. | - | 0.06 | Ok. | Ok. | Ok. | - |
| SST PIEDRA (%) | - | 1% Max. | 0.50% Max. | 0.50% Max. | - | 0.03 | Ok. | Ok. | Ok. | - |
| ADHERENCIA STRIPPING PEN 60/70 | - | - | - | 95 | - | 95.00 | - | - | - | - |
| ADHERENCIA RIEDEL WEBER PEN 60/70 | - | - | - | 4% Min. | - | Grado 3 | - | - | Ok (*) | - |

Se puede concluir que el material analizado puede utilizarse como material de Sub-Base Granular, Base Granular, Concreto Hidráulico, Tratamiento Superficial Bicapa y Mezcla Asfáltica en Caliente.

5.2.3. RESULTADO:

Se puede verificar en los cuadros contenidos en la ficha técnica de la Cantera “El Milagro”, que el CBR del material que proporciona para la base y subbase es del 80% Min. Y 40% Min. Respectivamente.

Basándonos en esta información asumiremos como CBR FINAL de la base, un valor mayor al 80 % Min. Debido que a este material se la añadirá un tratamiento con asfalto, lo cual aumenta este valor.

5.3. ESTUDIO DE TRÁFICO

5.3.1. Introducción

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2003).

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. Es conveniente para ello que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos. (Vallejos, 2014).

Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. (Pautas Pavimentos, 2015).

Dentro del sector transporte, los proyectos de Vías Urbanas tienen como objetivo dotar a las ciudades del país de la infraestructura requerida, que permita movilizar pasajeros y carga entre diferentes orígenes y destinos, de acuerdo al deseo de viajes de los ciudadanos y centros productivos, tanto al interior de las ciudades como sus conexiones con el exterior. El conjunto de estas vías son parte de un sistema de red de movilización de los medios de transporte vehicular que permite la integración del país con otros mercados y sociedades. (Vallejos, 2014).

5.3.2. Objetivo

- Obtener información del Índice Medio Diario Anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio.
- Obtener la clasificación por tipo de vehículos.
- Proyección de la demanda de tráfico para los próximos 20 años.

5.3.3. Alcance Del Estudio

La información que será levantada servirá de un lado como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis y en este contexto, para establecer el número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para el pavimento. El

estudio del conteo vehicular se realizará en las avenidas principales tales como las Av. Las Américas y la Av. 7 de Julio.

5.3.4. Metodología de Trabajo

Lo más importante es determinar el tipo de vehículo que transita por la zona de acuerdo al tipo de ejes que lo conforman y la cantidad de ellos. Esto es importante porque dependiendo del peso que cargue cada eje se le asignará un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar.

Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 Ton. De peso, con neumáticos a la presión de 80 lb/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento (Pautas Pavimentos, 2015).

5.3.5. Cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual)

Tabla 9: Cálculo del IMDA (Av. 7 de Julio)

ESTACIÓN: AV. 7 DE JULIO
FECHA: JULIO DE 2017
SENTIDO: AMBOS

| DATOS | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| FECHA | SUMA DE AUTOS | SUMA DE MOTOS | SUMA DE COMBIS | SUMA DE MICROS | SUMA DE CAMIÓN 2E | SUMA DE CAMIÓN 3E | SUMA DE CAMIÓN 4E | SUMA TOTAL |
| viernes, 16 de junio de 2017 | 3384 | 1305 | 1241 | 270 | 324 | 63 | 18 | 6605 |
| sábado, 17 de junio de 2017 | 3376 | 1363 | 1235 | 262 | 329 | 71 | 21 | 6657 |
| domingo, 18 de junio de 2017 | 3362 | 1352 | 1229 | 271 | 348 | 76 | 31 | 6669 |
| lunes, 19 de junio de 2017 | 3356 | 1321 | 1221 | 253 | 321 | 58 | 12 | 6542 |
| martes, 20 de junio de 2017 | 3347 | 1230 | 1213 | 241 | 286 | 42 | 10 | 6369 |
| TOTAL GENERAL | 16825 | 6571 | 6139 | 1297 | 1608 | 310 | 92 | 32842 |
| IMDA | 3365 | 1314 | 1228 | 259 | 322 | 62 | 18 | 6568 |

Tabla 10: Calculo del IMDA (AV. LAS AMÉRICAS)

ESTACIÓN: AV. LAS AMÉRICAS
FECHA: JULIO DE 2017
SENTIDO: AMBOS

| DATOS | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| FECHA | SUMA DE AUTOS | SUMA DE MOTOS | SUMA DE COMBIS | SUMA DE CAMIÓN 2E | SUMA DE CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
| viernes, 16 de junio de 2017 | 981 | 630 | 180 | 90 | 19 | 1900 |
| sábado, 17 de junio de 2017 | 973 | 523 | 126 | 63 | 27 | 1712 |
| domingo, 18 de junio de 2017 | 991 | 586 | 108 | 61 | 21 | 1767 |
| lunes, 19 de junio de 2017 | 956 | 472 | 101 | 58 | 37 | 1624 |
| martes, 20 de junio de 2017 | 931 | 320 | 111 | 60 | 33 | 1455 |
| TOTAL GENERAL | 4832 | 2531 | 626 | 332 | 137 | 8458 |
| IMDA | 966 | 506 | 125 | 66 | 27 | 1692 |

Tabla 11: Calculo del IMDA (AV. PUCARA)

ESTACIÓN: Calle. PUCARA
FECHA: JULIO DE 2017
SENTIDO: AMBOS

| DATOS | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| FECHA | SUMA DE AUTOS | SUMA DE MOTOS | SUMA DE COMBIS | SUMA DE CAMIÓN 2E | SUMA DE CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
| viernes, 16 de junio de 2017 | 27 | 207 | 30 | 63 | 18 | 345 |
| sábado, 17 de junio de 2017 | 252 | 180 | 36 | 36 | 45 | 549 |
| domingo, 18 de junio de 2017 | 234 | 261 | 54 | 45 | 36 | 630 |
| lunes, 19 de junio de 2017 | 261 | 225 | 45 | 18 | 27 | 576 |
| martes, 20 de junio de 2017 | 198 | 180 | 45 | 17 | 36 | 476 |
| TOTAL GENERAL | 972 | 1053 | 210 | 179 | 162 | 2576 |
| IMDA | 194 | 211 | 42 | 36 | 32 | 515 |

Tabla 12: Calculo del IMDA (AV. PROGRESO)

ESTACIÓN: Calle. PROGRESO
FECHA: JULIO DE 2017
SENTIDO: AMBOS

| DATOS | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| FECHA | SUMA DE AUTOS | SUMA DE MOTOS | SUMA DE COMBIS | SUMA DE CAMIÓN 2E | SUMA DE CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
| viernes, 16 de junio de 2017 | 540 | 315 | 54 | 36 | 18 | 963 |
| sábado, 17 de junio de 2017 | 522 | 321 | 46 | 20 | 12 | 921 |
| domingo, 18 de junio de 2017 | 585 | 330 | 41 | 23 | 10 | 989 |
| lunes, 19 de junio de 2017 | 551 | 326 | 35 | 21 | 8 | 941 |
| martes, 20 de junio de 2017 | 468 | 315 | 31 | 19 | 5 | 838 |
| TOTAL GENERAL | 2666 | 1607 | 207 | 119 | 53 | 4652 |
| IMDA | 533 | 321 | 41 | 24 | 11 | 930 |

Tabla 13: Resumen del cálculo del Índice Medio Diario Anual

| AVENIDAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| IMDA | 6568 | 1692 | 515 | 930 |

Tabla 14: Tasas promedio de crecimiento anual del tráfico

| Tipo de Vehículos | Tasa de Crecimiento |
|-------------------|---------------------|
| Vehículos Ligeros | 4.2% |
| Combi | 3.7% |
| Microbús | 1.6% |
| Camión 2-3 Ejes | 5.1% |

Fuente: (Ing. Paola Quiroz; Ing German Huerta, 2015)

5.3.6. Demanda de tráfico proyectada

Tabla 15: Proyección del tráfico normal en la Av. 7 Julio

Estación: Av. 7 Julio

| AÑOS | VEHÍCULOS LIGEROS | | | CAMIÓN 2E | CAMIÓN 3E | CAMIÓN 4E | SUMA TOTAL |
|----------|-------------------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | COMBIS | MICROS | | | | | |
| 2013(TC) | 4.20% | 3.70% | 1.60% | 5.10% | 5.10% | 5.10% | 3.70% |
| 2017 | 4679 | 1228 | 259 | 322 | 62 | 18 | 6,568 |
| 2018 | 4,876 | 1,273 | 264 | 338 | 65 | 19 | 6,835 |
| 2019 | 5,081 | 1,320 | 268 | 355 | 68 | 20 | 7,112 |
| 2020 | 5,294 | 1,369 | 272 | 373 | 72 | 21 | 7,401 |
| 2021 | 5,516 | 1,420 | 276 | 392 | 76 | 22 | 7,702 |
| 2022 | 5,748 | 1,472 | 281 | 412 | 80 | 24 | 8,017 |
| 2023 | 5,989 | 1,527 | 285 | 433 | 84 | 25 | 8,343 |
| 2024 | 6,241 | 1,583 | 290 | 456 | 88 | 26 | 8,684 |
| 2025 | 6,503 | 1,642 | 295 | 479 | 92 | 27 | 9,038 |
| 2026 | 6,776 | 1,703 | 299 | 503 | 97 | 29 | 9,407 |
| 2027 | 7,061 | 1,766 | 304 | 529 | 102 | 30 | 9,792 |
| 2028 | 7,357 | 1,831 | 309 | 556 | 107 | 32 | 10,192 |
| 2029 | 7,666 | 1,899 | 314 | 584 | 113 | 33 | 10,609 |
| 2030 | 7,988 | 1,969 | 319 | 614 | 118 | 35 | 11,043 |
| 2031 | 8,324 | 2,042 | 324 | 645 | 124 | 37 | 11,496 |
| 2032 | 8,673 | 2,117 | 329 | 678 | 131 | 39 | 11,967 |
| 2033 | 9,038 | 2,196 | 334 | 713 | 137 | 41 | 12,459 |
| 2034 | 9,417 | 2,277 | 340 | 749 | 144 | 43 | 12,970 |
| 2035 | 9,813 | 2,361 | 345 | 787 | 152 | 45 | 13,503 |
| 2036 | 10,225 | 2,449 | 351 | 827 | 160 | 47 | 14,059 |

Tabla 16: Proyección del tráfico normal en la Av. Las Américas

| Estación: Av. Las Américas | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|
| AÑOS | VEHÍCULOS | | CAMIÓN | | SUMA |
| | LIGEROS | COMBIS | 2E | 3E | TOTAL |
| 2013(TC) | 4.20% | 3.70% | 5.10% | 5.10% | 4.53% |
| 2017 | 1473 | 125 | 66 | 27 | 1,692 |
| 2018 | 1,534 | 130 | 70 | 29 | 1,763 |
| 2019 | 1,599 | 135 | 73 | 30 | 1,837 |
| 2020 | 1,666 | 140 | 77 | 32 | 1,915 |
| 2021 | 1,736 | 145 | 81 | 33 | 1,995 |
| 2022 | 1,809 | 150 | 85 | 35 | 2,079 |
| 2023 | 1,885 | 156 | 90 | 37 | 2,167 |
| 2024 | 1,964 | 162 | 94 | 39 | 2,259 |
| 2025 | 2,047 | 167 | 99 | 41 | 2,354 |
| 2026 | 2,133 | 174 | 104 | 43 | 2,453 |
| 2027 | 2,222 | 180 | 109 | 45 | 2,556 |
| 2028 | 2,315 | 187 | 115 | 47 | 2,664 |
| 2029 | 2,413 | 194 | 121 | 50 | 2,777 |
| 2030 | 2,514 | 201 | 127 | 52 | 2,894 |
| 2031 | 2,620 | 208 | 133 | 55 | 3,016 |
| 2032 | 2,730 | 216 | 140 | 58 | 3,143 |
| 2033 | 2,844 | 224 | 147 | 61 | 3,276 |
| 2034 | 2,964 | 232 | 155 | 64 | 3,414 |
| 2035 | 3,088 | 241 | 163 | 67 | 3,559 |
| 2036 | 3,218 | 250 | 171 | 71 | 3,709 |

Tabla 17: Proyección del tráfico normal en la Calle. Pucara

| AÑOS | VEHÍCULOS | | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
|-------------|------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | LIGEROS | COMBIS | 2E | 3E | TOTAL |
| 2013(TC) | 4.20% | 3.70% | 5.10% | 5.10% | 4.53% |
| 2017 | 405 | 42 | 36 | 32 | 515 |
| 2018 | 422 | 44 | 38 | 34 | 537 |
| 2019 | 440 | 45 | 40 | 36 | 560 |
| 2020 | 458 | 47 | 42 | 38 | 584 |
| 2021 | 477 | 49 | 44 | 40 | 609 |
| 2022 | 498 | 50 | 46 | 42 | 635 |
| 2023 | 518 | 52 | 48 | 44 | 663 |
| 2024 | 540 | 54 | 51 | 46 | 691 |
| 2025 | 563 | 56 | 53 | 48 | 721 |
| 2026 | 587 | 58 | 56 | 51 | 751 |
| 2027 | 611 | 60 | 59 | 53 | 784 |
| 2028 | 637 | 63 | 62 | 56 | 817 |
| 2029 | 664 | 65 | 65 | 59 | 852 |
| 2030 | 691 | 67 | 68 | 62 | 889 |
| 2031 | 720 | 70 | 72 | 65 | 927 |
| 2032 | 751 | 72 | 76 | 68 | 967 |
| 2033 | 782 | 75 | 79 | 72 | 1,008 |
| 2034 | 815 | 78 | 83 | 76 | 1,052 |
| 2035 | 849 | 81 | 88 | 79 | 1,097 |
| 2036 | 885 | 84 | 92 | 83 | 1,144 |

Tabla 18: Proyección del tráfico normal en la Calle. Progreso

| Estación: Calle. Progreso | | | | | |
|----------------------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|
| AÑOS | VEHÍCULOS | | CAMIÓN | | SUMA |
| | LIGEROS | COMBIS | 2E | 3E | TOTAL |
| 2013(TC) | 4.20% | 3.70% | 5.10% | 5.10% | 4.53% |
| 2017 | 855 | 41 | 24 | 11 | 930 |
| 2018 | 891 | 43 | 25 | 11 | 970 |
| 2019 | 928 | 45 | 26 | 12 | 1,010 |
| 2020 | 967 | 46 | 28 | 12 | 1,053 |
| 2021 | 1,008 | 48 | 29 | 13 | 1,097 |
| 2022 | 1,050 | 50 | 31 | 14 | 1,144 |
| 2023 | 1,094 | 52 | 32 | 14 | 1,192 |
| 2024 | 1,140 | 53 | 34 | 15 | 1,242 |
| 2025 | 1,188 | 55 | 35 | 16 | 1,294 |
| 2026 | 1,238 | 57 | 37 | 17 | 1,349 |
| 2027 | 1,290 | 60 | 39 | 17 | 1,406 |
| 2028 | 1,344 | 62 | 41 | 18 | 1,465 |
| 2029 | 1,400 | 64 | 43 | 19 | 1,527 |
| 2030 | 1,459 | 66 | 45 | 20 | 1,591 |
| 2031 | 1,520 | 69 | 48 | 21 | 1,658 |
| 2032 | 1,584 | 71 | 50 | 22 | 1,728 |
| 2033 | 1,651 | 74 | 53 | 24 | 1,801 |
| 2034 | 1,720 | 77 | 55 | 25 | 1,877 |
| 2035 | 1,792 | 80 | 58 | 26 | 1,956 |
| 2036 | 1,868 | 83 | 61 | 27 | 2,039 |

Tabla 19: Resumen de Proyección del tráfico normal en las Av. Estudiadas

| AVENIDAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| AÑO 2036 | 14,059 | 3,709 | 1,144 | 2,039 |

5.3.7. Tráfico Generado

El tráfico generado o inducido corresponde a aquel que no existe en la situación sin proyecto, pero que aparecerá como consecuencia de una mejor infraestructura.

En este caso, con una superficie de rodadura pavimentada.

A continuación se presenta el cuadro de tráfico generado para la situación con proyecto con un aumento de 10% sobre el tráfico normal.

Tabla 20: Proyección del tráfico Generado en la Av. 7 Julio

| AÑOS | VEHÍCULOS | | | CAMIÓN | | | SUMA TOTAL |
|------|-----------|--------|--------|--------|-----------|-----------|------------|
| | LIGEROS | COMBIS | MICROS | 2E | CAMIÓN 3E | CAMIÓN 4E | |
| 2017 | 468 | 123 | 26 | 32 | 6 | 2 | 657 |
| 2018 | 488 | 127 | 26 | 34 | 7 | 2 | 683 |
| 2019 | 508 | 132 | 27 | 36 | 7 | 2 | 711 |
| 2020 | 529 | 137 | 27 | 37 | 7 | 2 | 740 |
| 2021 | 552 | 142 | 28 | 39 | 8 | 2 | 770 |
| 2022 | 575 | 147 | 28 | 41 | 8 | 2 | 802 |
| 2023 | 599 | 153 | 29 | 43 | 8 | 3 | 834 |
| 2024 | 624 | 158 | 29 | 46 | 9 | 3 | 868 |
| 2025 | 650 | 164 | 30 | 48 | 9 | 3 | 904 |
| 2026 | 678 | 170 | 30 | 50 | 10 | 3 | 941 |
| 2027 | 706 | 177 | 30 | 53 | 10 | 3 | 979 |
| 2028 | 736 | 183 | 31 | 56 | 11 | 3 | 1,019 |
| 2029 | 767 | 190 | 31 | 58 | 11 | 3 | 1,061 |
| 2030 | 799 | 197 | 32 | 61 | 12 | 4 | 1,104 |
| 2031 | 832 | 204 | 32 | 65 | 12 | 4 | 1,150 |
| 2032 | 867 | 212 | 33 | 68 | 13 | 4 | 1,197 |
| 2033 | 904 | 220 | 33 | 71 | 14 | 4 | 1,246 |
| 2034 | 942 | 228 | 34 | 75 | 14 | 4 | 1,297 |
| 2035 | 981 | 236 | 35 | 79 | 15 | 5 | 1,350 |
| 2036 | 1,023 | 245 | 35 | 83 | 16 | 5 | 1,406 |

Tabla 21: Proyección del tráfico Generado en la Av. Las Américas

| Estación: Av. Las Américas | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| AÑOS | VEHÍCULOS | COMBIS | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
| | LIGEROS | | 2E | 3E | TOTAL |
| 2017 | 147 | 13 | 7 | 3 | 169 |
| 2018 | 153 | 13 | 7 | 3 | 176 |
| 2019 | 160 | 13 | 7 | 3 | 184 |
| 2020 | 167 | 14 | 8 | 3 | 191 |
| 2021 | 174 | 14 | 8 | 3 | 200 |
| 2022 | 181 | 15 | 9 | 4 | 208 |
| 2023 | 188 | 16 | 9 | 4 | 217 |
| 2024 | 196 | 16 | 9 | 4 | 226 |
| 2025 | 205 | 17 | 10 | 4 | 235 |
| 2026 | 213 | 17 | 10 | 4 | 245 |
| 2027 | 222 | 18 | 11 | 5 | 256 |
| 2028 | 232 | 19 | 11 | 5 | 266 |
| 2029 | 241 | 19 | 12 | 5 | 278 |
| 2030 | 251 | 20 | 13 | 5 | 289 |
| 2031 | 262 | 21 | 13 | 6 | 302 |
| 2032 | 273 | 22 | 14 | 6 | 314 |
| 2033 | 284 | 22 | 15 | 6 | 328 |
| 2034 | 296 | 23 | 15 | 6 | 341 |
| 2035 | 309 | 24 | 16 | 7 | 356 |
| 2036 | 322 | 25 | 17 | 7 | 371 |

Tabla 22: Proyección del tráfico Generado en la Calle. Pucara**Estación:** Calle. Pucara

| AÑOS | VEHÍCULOS LIGEROS | COMBIS | CAMIÓN 2E | CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
|-------------|------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 2017 | 41 | 4 | 4 | 3 | 52 |
| 2018 | 42 | 4 | 4 | 3 | 54 |
| 2019 | 44 | 5 | 4 | 4 | 56 |
| 2020 | 46 | 5 | 4 | 4 | 58 |
| 2021 | 48 | 5 | 4 | 4 | 61 |
| 2022 | 50 | 5 | 5 | 4 | 64 |
| 2023 | 52 | 5 | 5 | 4 | 66 |
| 2024 | 54 | 5 | 5 | 5 | 69 |
| 2025 | 56 | 6 | 5 | 5 | 72 |
| 2026 | 59 | 6 | 6 | 5 | 75 |
| 2027 | 61 | 6 | 6 | 5 | 78 |
| 2028 | 64 | 6 | 6 | 6 | 82 |
| 2029 | 66 | 7 | 7 | 6 | 85 |
| 2030 | 69 | 7 | 7 | 6 | 89 |
| 2031 | 72 | 7 | 7 | 7 | 93 |
| 2032 | 75 | 7 | 8 | 7 | 97 |
| 2033 | 78 | 8 | 8 | 7 | 101 |
| 2034 | 82 | 8 | 8 | 8 | 105 |
| 2035 | 85 | 8 | 9 | 8 | 110 |
| 2036 | 89 | 8 | 9 | 8 | 114 |

Tabla 23: Proyección del tráfico Generado en la Calle. Progreso

| Estación: Calle. Progreso | | | | | |
|----------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| AÑOS | VEHÍCULOS | COMBIS | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
| | LIGEROS | | 2E | 3E | TOTAL |
| 2017 | 87 | 4 | 2 | 1 | 95 |
| 2018 | 91 | 4 | 3 | 1 | 99 |
| 2019 | 95 | 4 | 3 | 1 | 103 |
| 2020 | 99 | 5 | 3 | 1 | 108 |
| 2021 | 103 | 5 | 3 | 1 | 112 |
| 2022 | 107 | 5 | 3 | 1 | 117 |
| 2023 | 112 | 5 | 3 | 1 | 122 |
| 2024 | 117 | 5 | 3 | 2 | 127 |
| 2025 | 122 | 6 | 4 | 2 | 132 |
| 2026 | 127 | 6 | 4 | 2 | 138 |
| 2027 | 132 | 6 | 4 | 2 | 144 |
| 2028 | 137 | 6 | 4 | 2 | 150 |
| 2029 | 143 | 6 | 4 | 2 | 156 |
| 2030 | 149 | 7 | 5 | 2 | 162 |
| 2031 | 156 | 7 | 5 | 2 | 169 |
| 2032 | 162 | 7 | 5 | 2 | 176 |
| 2033 | 169 | 7 | 5 | 2 | 184 |
| 2034 | 176 | 8 | 6 | 2 | 192 |
| 2035 | 183 | 8 | 6 | 3 | 200 |
| 2036 | 191 | 8 | 6 | 3 | 208 |

Tabla 24: Resumen Proyección del tráfico Generado en la Av. Estudiadas

| AVENIDAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| AÑO 2036 | 1406 | 371 | 114 | 208 |

5.3.8. Proyección del tráfico total

El tráfico total que circulará por el tramo en estudio, durante el periodo de servicio de 20 años, será el que resulte de la sumatoria del tráfico normal más el tráfico generado o inducido. A continuación se presenta los cuadros de tráfico total proyectado.

Tabla 25: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Av. 7 Julio

Estación: Av. 7 Julio

| AÑOS | VEHÍCULOS | | | CAMIÓN | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA TOTAL |
|------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | LIGEROS | COMBIS | MICROS | 2E | 3E | 4E | |
| 2017 | 5147 | 1351 | 285 | 354 | 68 | 20 | 7,225 |
| 2018 | 5,363 | 1,400 | 290 | 372 | 72 | 21 | 7,518 |
| 2019 | 5,589 | 1,452 | 295 | 391 | 75 | 22 | 7,823 |
| 2020 | 5,823 | 1,506 | 299 | 410 | 79 | 23 | 8,141 |
| 2021 | 6,068 | 1,562 | 304 | 431 | 84 | 24 | 8,472 |
| 2022 | 6,323 | 1,619 | 309 | 453 | 88 | 26 | 8,819 |
| 2023 | 6,588 | 1,680 | 314 | 476 | 92 | 28 | 9,177 |
| 2024 | 6,865 | 1,741 | 319 | 502 | 97 | 29 | 9,552 |
| 2025 | 7,153 | 1,806 | 325 | 527 | 101 | 30 | 9,942 |
| 2026 | 7,454 | 1,873 | 329 | 553 | 107 | 32 | 10,348 |
| 2027 | 7,767 | 1,943 | 334 | 582 | 112 | 33 | 10,771 |
| 2028 | 8,093 | 2,014 | 340 | 612 | 118 | 35 | 11,211 |
| 2029 | 8,433 | 2,089 | 345 | 642 | 124 | 36 | 11,670 |
| 2030 | 8,787 | 2,166 | 351 | 675 | 130 | 39 | 12,147 |
| 2031 | 9,156 | 2,246 | 356 | 710 | 136 | 41 | 12,646 |
| 2032 | 9,540 | 2,329 | 362 | 746 | 144 | 43 | 13,164 |
| 2033 | 9,942 | 2,416 | 367 | 784 | 151 | 45 | 13,705 |
| 2034 | 10,359 | 2,505 | 374 | 824 | 158 | 47 | 14,267 |
| 2035 | 10,794 | 2,597 | 380 | 866 | 167 | 50 | 14,853 |
| 2036 | 11,248 | 2,694 | 386 | 910 | 176 | 52 | 15,465 |

Tabla 26: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Av. Las Américas

| Estación: | Av. Las Américas | | | | |
|------------------|------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| AÑOS | VEHÍCULOS LIGEROS | COMBIS | CAMIÓN 2E | CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
| 2017 | 1620 | 138 | 73 | 30 | 1,861 |
| 2018 | 1,688 | 143 | 77 | 32 | 1,939 |
| 2019 | 1,759 | 148 | 81 | 33 | 2,021 |
| 2020 | 1,833 | 154 | 85 | 35 | 2,106 |
| 2021 | 1,910 | 159 | 89 | 37 | 2,195 |
| 2022 | 1,990 | 165 | 94 | 39 | 2,287 |
| 2023 | 2,073 | 171 | 98 | 41 | 2,384 |
| 2024 | 2,161 | 178 | 104 | 43 | 2,484 |
| 2025 | 2,251 | 184 | 109 | 45 | 2,589 |
| 2026 | 2,346 | 191 | 114 | 47 | 2,698 |
| 2027 | 2,444 | 198 | 120 | 50 | 2,812 |
| 2028 | 2,547 | 205 | 126 | 52 | 2,931 |
| 2029 | 2,654 | 213 | 133 | 55 | 3,054 |
| 2030 | 2,765 | 221 | 139 | 58 | 3,183 |
| 2031 | 2,882 | 229 | 147 | 61 | 3,318 |
| 2032 | 3,003 | 237 | 154 | 64 | 3,458 |
| 2033 | 3,129 | 246 | 162 | 67 | 3,604 |
| 2034 | 3,260 | 255 | 170 | 70 | 3,756 |
| 2035 | 3,397 | 265 | 179 | 74 | 3,915 |
| 2036 | 3,540 | 275 | 188 | 78 | 4,080 |

Tabla 27: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Calle. Pucara**Estación:** Calle. Pucara

| AÑOS | VEHÍCULOS LIGEROS | COMBIS | CAMIÓN 2E | CAMIÓN 3E | SUMA TOTAL |
|-------------|------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 2017 | 492 | 46 | 38 | 33 | 610 |
| 2018 | 513 | 48 | 40 | 35 | 636 |
| 2019 | 535 | 50 | 42 | 37 | 663 |
| 2020 | 557 | 51 | 44 | 39 | 692 |
| 2021 | 580 | 53 | 47 | 41 | 721 |
| 2022 | 605 | 55 | 49 | 43 | 752 |
| 2023 | 630 | 57 | 52 | 45 | 784 |
| 2024 | 657 | 60 | 54 | 47 | 818 |
| 2025 | 684 | 62 | 57 | 50 | 853 |
| 2026 | 713 | 64 | 60 | 52 | 889 |
| 2027 | 743 | 66 | 63 | 55 | 927 |
| 2028 | 774 | 69 | 66 | 58 | 967 |
| 2029 | 807 | 71 | 69 | 61 | 1,008 |
| 2030 | 841 | 74 | 73 | 64 | 1,051 |
| 2031 | 876 | 77 | 77 | 67 | 1,096 |
| 2032 | 913 | 80 | 81 | 71 | 1,143 |
| 2033 | 951 | 83 | 85 | 74 | 1,192 |
| 2034 | 991 | 86 | 89 | 78 | 1,244 |
| 2035 | 1,033 | 89 | 93 | 82 | 1,297 |
| 2036 | 1,076 | 92 | 98 | 86 | 1,352 |

Tabla 28: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Calle. Progreso

Estación: Calle. Progreso

| AÑOS | VEHÍCULOS | COMBIS | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
|------|-----------|--------|--------|--------|-------|
| | LIGEROS | | 2E | 3E | TOTAL |
| 2017 | 962 | 46 | 26 | 12 | 1,045 |
| 2018 | 1,002 | 47 | 28 | 12 | 1,089 |
| 2019 | 1,044 | 49 | 29 | 13 | 1,135 |
| 2020 | 1,088 | 51 | 30 | 14 | 1,183 |
| 2021 | 1,134 | 53 | 32 | 14 | 1,233 |
| 2022 | 1,182 | 55 | 34 | 15 | 1,285 |
| 2023 | 1,231 | 57 | 35 | 16 | 1,339 |
| 2024 | 1,283 | 59 | 37 | 17 | 1,395 |
| 2025 | 1,337 | 61 | 39 | 17 | 1,454 |
| 2026 | 1,393 | 63 | 41 | 18 | 1,515 |
| 2027 | 1,451 | 65 | 43 | 19 | 1,579 |
| 2028 | 1,512 | 68 | 45 | 20 | 1,645 |
| 2029 | 1,576 | 70 | 48 | 21 | 1,715 |
| 2030 | 1,642 | 73 | 50 | 22 | 1,787 |
| 2031 | 1,711 | 76 | 53 | 23 | 1,863 |
| 2032 | 1,783 | 79 | 55 | 25 | 1,941 |
| 2033 | 1,858 | 81 | 58 | 26 | 2,023 |
| 2034 | 1,936 | 84 | 61 | 27 | 2,108 |
| 2035 | 2,017 | 88 | 64 | 29 | 2,197 |
| 2036 | 2,102 | 91 | 67 | 30 | 2,290 |

Tabla 29: Proyección del tráfico Normal + Generado en la Av. Estudiadas

| AVENIDAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|----------|----------------|------------------|---------------|-----------------|
| AÑO 2036 | 15,465 | 4,080 | 1352 | 2,290 |

5.3.9. Factor direccional y factor de carril

Corresponde al número de vehículos que circularan en una dirección o sentido de tráfico.

El factor de distribución carril corresponde al carril que recibirá el mayor número de EE.

Este factor nos servirá para poder calcular el número de repeticiones de EE.

Tabla 30: Factor de Distribución y de Carril para determinar el tránsito en el carril de Diseño

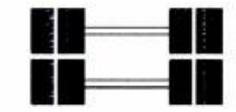
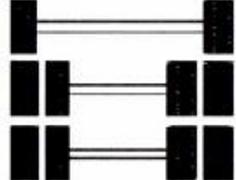
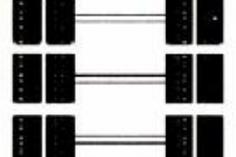
| Numero de calzadas | Numero de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Promedio FdxFc para carril de diseño |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| 1 calzada (para IMDA total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas) | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentido | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentido | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

5.3.10. Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

Figura 4: Configuración de ejes

| Conjunto de Eje (s) | Nomenclatura | Nº de Neumáticos | Grafico |
|--|--------------|------------------|---|
| EJE SIMPLE (Con Rueda Simple) | 1RS | 02 |  |
| EJE SIMPLE (Con Rueda Doble) | 1RD | 04 |  |
| EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble) | 1RS + 1RD | 06 |  |
| EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble) | 2RD | 08 |  |
| EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble) | 1RS + 2RD | 10 |  |
| EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble) | 3RD | 12 |  |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Tabla 31: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimento Flexible y Semirrígido

| Tipo de Eje | Eje Equivalente (EE8.2Tn) |
|---|---------------------------|
| Eje Simple de ruedas simples (EE s1) | $EES1 = [P/6.6]^{4.0}$ |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE s2) | $EES2 = [P/8.2]^{4.0}$ |
| Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simples) (EE TA1) | $EETA1 = [P/14.8]^{4.0}$ |
| Eje Tándem (2 eje ruedas dobles) (EE TA2) | $EETA2 = [P/15.1]^{4.0}$ |
| Eje Tridem (2 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simples) (EE TR1) | $EETR1 = [P/20.7]^{3.9}$ |
| Eje Tridem (3 eje ruedas dobles) (EE TR2) | $EETR2 = [P/21.8]^{3.9}$ |

P= peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Para el diseño de un pavimento se opta el número proyectado de EE que circulara por el carril (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Tabla 32: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación 7 de julio

| IMD 2017 | | | | | |
|--------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| ESTACION : 7 DE JULIO | TIPO DE VEHICULOS | | | | TOTAL |
| | MICROS | CAMION 2E | CAMION 3E | CAMION 4E | |
| EJE DELANTERO | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| PESO DE EJES | 10 | 10 | 16 | 16 | |
| IMD 2017 | 259 | 322 | 62 | 18 | 661 |
| PORCENTAJE | 39% | 49% | 9% | 3% | 100% |
| FACTOR EE | 3.477 | 3.477 | 2.526 | 2.526 | |

Tabla 33: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Las Américas

| IMD 2017 | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------|-------|
| ESTACION : LAS AMERICAS | TIPO DE VEHICULOS | | TOTAL |
| | CAMION 2E | CAMION 3E | |
| EJE DELANTERO | 7 | 7 | |
| PESO DE EJES | 10 | 10 | |
| IMD 2017 | 66 | 27 | 94 |
| PORCENTAJE | 71% | 29% | 100% |
| FACTOR EE | 3.477 | 2.526 | |

Tabla 34: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Pucara

| IMD 2017 | | | |
|---------------|-------------------|--------------|-------|
| ESTACION : | TIPO DE VEHICULOS | | |
| PUCARA | CAMION 2E | CAMION 3E | TOTAL |
| EJE DELANTERO | 7 | 7 | |
| PESO DE EJES | 10 | 10 | |
| IMD 2017 | 36 | 32 | 68 |
| PORCENTAJE | 52% | 48% | 100% |
| FACTOR EE | 3.477 | 2.526 | |

Tabla 35: Factor de Ejes Equivalentes en la Estación Progreso

| IMD 2017 | | | |
|---------------|-------------------|--------------|-------|
| ESTACION : | TIPO DE VEHICULOS | | |
| PROGRESO | CAMION 2E | CAMION 3E | TOTAL |
| EJE DELANTERO | 7 | 7 | |
| PESO DE EJES | 10 | 10 | |
| IMD 2017 | 24 | 11 | 34 |
| PORCENTAJE | 69% | 31% | 100% |
| FACTOR EE | 3.477 | 2.526 | |

Para el cálculo de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el periodo de diseño se usara la siguiente expresión.

Donde:

Figura 5: Parámetros

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn}} = \Sigma [EE_{\text{dia-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

| Parámetros | Descripción |
|--------------------------------|---|
| Nrep de EE 8.2t | Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn |
| EE_{dia-carril} | <p>EE_{dia-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> <p>EE_{dia-carril} = IMD_p x F_d x F_c x F_{vp} x F_p</p> <p>donde:</p> <p>IMD_p: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>F_d: Factor Direccional, según Cuadro N° 6.1.</p> <p>F_c: Factor Carril de diseño, según Cuadro N° 6.1.</p> <p>F_{vp}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>F_p: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.</p> |
| Fca | Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2) |
| 365 | Número de días del año |
| Σ | Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año. |

5.3.11. Calculo de Número de repeticiones

Tabla 36: Número de Repeticiones de EE 8.2t por Estación

ESTACIÓN : 7 DE JULIO

| SECTOR | PARÁMETROS | VEHÍCULOS | | | CAMIÓN | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
|------------------------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | LIGEROS | COMBIS | MICROS | 2E | 3E | 4E | TOTAL |
| Nº DE DIRECCIONES | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Nº DE CARRIL | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| F. DIRECCIONAL | | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| F.CARRIL | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| F. CARGA | | 0.0001 | 0.0001 | 3.477 | 3.477 | 2.526 | 3.758 | |
| F.PRES.LLANTA | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 2017 | | 94 | 25 | 181,063 | 224,479 | 31,440 | 13,881 | 4.51E+05 |
| 2018 | | 98 | 26 | 184,274 | 235,927 | 32,961 | 14,334 | 4.68E+05 |
| 2019 | | 102 | 26 | 187,066 | 247,793 | 34,482 | 15,088 | 4.85E+05 |
| 2020 | | 106 | 27 | 189,858 | 260,357 | 36,511 | 15,843 | 5.03E+05 |
| 2021 | | 111 | 29 | 192,650 | 273,619 | 38,539 | 16,597 | 5.22E+05 |
| 2022 | | 115 | 30 | 196,140 | 287,579 | 40,568 | 18,106 | 5.43E+05 |
| 2023 | | 120 | 31 | 198,932 | 302,237 | 42,596 | 18,860 | 5.63E+05 |
| 2024 | | 125 | 32 | 202,422 | 318,292 | 44,624 | 19,615 | 5.85E+05 |
| 2025 | | 131 | 33 | 205,912 | 334,346 | 46,653 | 20,369 | 6.07E+05 |
| 2026 | | 136 | 34 | 208,704 | 351,098 | 49,188 | 21,878 | 6.31E+05 |
| 2027 | | 142 | 35 | 212,194 | 369,246 | 51,724 | 22,633 | 6.56E+05 |
| 2028 | | 148 | 37 | 215,684 | 388,092 | 54,259 | 24,141 | 6.82E+05 |
| 2029 | | 154 | 38 | 219,174 | 407,637 | 57,302 | 24,896 | 7.09E+05 |
| 2030 | | 160 | 40 | 222,664 | 428,577 | 59,837 | 26,405 | 7.38E+05 |
| 2031 | | 167 | 41 | 226,155 | 450,215 | 62,880 | 27,913 | 7.67E+05 |
| 2032 | | 174 | 42 | 229,645 | 473,249 | 66,429 | 29,422 | 7.99E+05 |
| 2033 | | 181 | 44 | 233,135 | 497,680 | 69,472 | 30,931 | 8.31E+05 |
| 2034 | | 189 | 46 | 237,323 | 522,808 | 73,022 | 32,440 | 8.66E+05 |
| 2035 | | 197 | 47 | 240,813 | 549,332 | 77,078 | 33,949 | 9.01E+05 |
| 2036 | | 205 | 49 | 245,001 | 577,252 | 81,135 | 35,458 | 9.39E+05 |
| TOTAL DE NUMERO DE REPETICIONES EE | | 2.86E+03 | 7.12E+02 | 4.23E+06 | 7.50E+06 | 1.05E+06 | 4.63E+05 | 1.32E+07 |

ESTACIÓN : LAS AMÉRICAS

| SECTOR | PARÁMETROS | VEHÍCULOS | | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
|--------|---------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | | LIGEROS | COMBIS | 2E | 3E | TOTAL |
| | Nº DE DIRECCIONES | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | Nº DE CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | F. DIRECCIONAL | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | F.CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | F. CARGA | 0.0001 | 0.0001 | 3.477 | 2.526 | |
| | F.PRES.LLANTA | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 2017 | 30 | 3 | 46,348 | 13,894 | 6.03E+04 |
| | 2018 | 31 | 3 | 48,721 | 14,604 | 6.34E+04 |
| | 2019 | 32 | 3 | 51,164 | 15,365 | 6.66E+04 |
| | 2020 | 33 | 3 | 53,816 | 16,126 | 7.00E+04 |
| | 2021 | 35 | 3 | 56,539 | 16,937 | 7.35E+04 |
| | 2022 | 36 | 3 | 59,400 | 17,799 | 7.72E+04 |
| | 2023 | 38 | 3 | 62,472 | 18,712 | 8.12E+04 |
| | 2024 | 39 | 3 | 65,683 | 19,675 | 8.54E+04 |
| | 2025 | 41 | 3 | 69,033 | 20,689 | 8.98E+04 |
| | 2026 | 43 | 3 | 72,523 | 21,754 | 9.43E+04 |
| | 2027 | 45 | 4 | 76,222 | 22,870 | 9.91E+04 |
| | 2028 | 46 | 4 | 80,131 | 24,036 | 1.04E+05 |
| | 2029 | 48 | 4 | 84,180 | 25,253 | 1.09E+05 |
| | 2030 | 50 | 4 | 88,507 | 26,521 | 1.15E+05 |
| | 2031 | 53 | 4 | 92,975 | 27,890 | 1.21E+05 |
| | 2032 | 55 | 4 | 97,721 | 29,310 | 1.27E+05 |
| | 2033 | 57 | 4 | 102,747 | 30,781 | 1.34E+05 |
| | 2034 | 59 | 5 | 107,982 | 32,353 | 1.40E+05 |
| | 2035 | 62 | 5 | 113,496 | 34,026 | 1.48E+05 |
| | 2036 | 65 | 5 | 119,290 | 35,750 | 1.55E+05 |
| | TOTAL DE NUMERO DE REPETICIONES EE | 8.99E+02 | 7.26E+01 | 1.55E+06 | 4.64E+05 | 2.01E+06 |

ESTACIÓN : PUCARA

| SECTOR | PARÁMETROS | VEHÍCULOS | | CAMIÓN | CAMIÓN | SUMA |
|--------|------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | | LIGEROS | COMBIS | 2E | 3E | TOTAL |
| | Nº DE DIRECCIONES | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | Nº DE CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | F. DIRECCIONAL | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | F.CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | F. CARGA | 0.0001 | 0.0001 | 3.477 | 2.526 | |
| | F.PRES.LLANTA | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 2017 | 9 | 1 | 24,227 | 15,425 | 3.97E+04 |
| | 2018 | 9 | 1 | 25,446 | 16,232 | 4.17E+04 |
| | 2019 | 10 | 1 | 26,734 | 17,043 | 4.38E+04 |
| | 2020 | 10 | 1 | 28,149 | 17,900 | 4.61E+04 |
| | 2021 | 11 | 1 | 29,570 | 18,804 | 4.84E+04 |
| | 2022 | 11 | 1 | 31,061 | 19,758 | 5.08E+04 |
| | 2023 | 12 | 1 | 32,686 | 20,805 | 5.35E+04 |
| | 2024 | 12 | 1 | 34,310 | 21,851 | 5.62E+04 |
| | 2025 | 12 | 1 | 36,068 | 22,948 | 5.90E+04 |
| | 2026 | 13 | 1 | 37,895 | 24,138 | 6.20E+04 |
| | 2027 | 14 | 1 | 39,856 | 25,373 | 6.52E+04 |
| | 2028 | 14 | 1 | 41,887 | 26,659 | 6.86E+04 |
| | 2029 | 15 | 1 | 43,987 | 28,042 | 7.20E+04 |
| | 2030 | 15 | 1 | 46,221 | 29,467 | 7.57E+04 |
| | 2031 | 16 | 1 | 48,594 | 30,947 | 7.96E+04 |
| | 2032 | 17 | 1 | 51,094 | 32,519 | 8.36E+04 |
| | 2033 | 17 | 2 | 53,664 | 34,183 | 8.79E+04 |
| | 2034 | 18 | 2 | 56,437 | 35,944 | 9.24E+04 |
| | 2035 | 19 | 2 | 59,286 | 37,755 | 9.71E+04 |
| | 2036 | 20 | 2 | 62,326 | 39,705 | 1.02E+05 |
| | TOTAL DE NUMERO DE REPETICIONES EE | 2.73E+02 | 2.43E+01 | 8.09E+05 | 5.15E+05 | 1.33E+06 |

ESTACIÓN : PROGRESO

| SECTOR | PARÁMETROS | VEHÍCULOS | | | CAMIÓN | | SUMA TOTAL |
|--------|---------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|---------------|
| | | LIGEROS | COMBIS | CAMIÓN 2E | 3E | | |
| | N° DE DIRECCIONES | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | N° DE CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | F. DIRECCIONAL | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | |
| | F.CARRIL | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | F. CARGA | 0.0001 | 0.0001 | 3.477 | 2.526 | | |
| | F.PRES.LLANTA | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | 2017 | 18 | 1 | 16,613 | 5,375 | 2.20E+04 | |
| | 2018 | 18 | 1 | 17,450 | 5,629 | 2.31E+04 | |
| | 2019 | 19 | 1 | 18,358 | 5,933 | 2.43E+04 | |
| | 2020 | 20 | 1 | 19,265 | 6,237 | 2.55E+04 | |
| | 2021 | 21 | 1 | 20,242 | 6,542 | 2.68E+04 | |
| | 2022 | 22 | 1 | 21,289 | 6,896 | 2.82E+04 | |
| | 2023 | 22 | 1 | 22,406 | 7,251 | 2.97E+04 | |
| | 2024 | 23 | 1 | 23,523 | 7,606 | 3.12E+04 | |
| | 2025 | 24 | 1 | 24,709 | 8,012 | 3.27E+04 | |
| | 2026 | 25 | 1 | 25,966 | 8,418 | 3.44E+04 | |
| | 2027 | 26 | 1 | 27,292 | 8,823 | 3.61E+04 | |
| | 2028 | 28 | 1 | 28,688 | 9,280 | 3.80E+04 | |
| | 2029 | 29 | 1 | 30,154 | 9,787 | 4.00E+04 | |
| | 2030 | 30 | 1 | 31,690 | 10,243 | 4.20E+04 | |
| | 2031 | 31 | 1 | 33,365 | 10,801 | 4.42E+04 | |
| | 2032 | 33 | 1 | 35,040 | 11,359 | 4.64E+04 | |
| | 2033 | 34 | 1 | 36,785 | 11,917 | 4.87E+04 | |
| | 2034 | 35 | 2 | 38,670 | 12,525 | 5.12E+04 | |
| | 2035 | 37 | 2 | 40,694 | 13,184 | 5.39E+04 | |
| | 2036 | 38 | 2 | 42,718 | 13,844 | 5.66E+04 | |
| | TOTAL DE NUMERO DE REPETICIONES EE | 5.34E+02 | 2.40E+01 | 5.55E+05 | 1.80E+05 | 7.35E+05 | |

Tabla 37: Resumen del Total de repeticiones

| AVENIDAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|----------|----------------|------------------|---------------|-----------------|
| AÑO 2036 | 1.32E+07 EE | 2.01E+06 EE | 1.33E+06 EE | 7.35E+05 EE |

5.4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO

5.4.1. Metodología de Diseño del Pavimento Flexible

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

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

a) Las cargas de tráfico vehicular impuestas en el pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-Kn o 8.2t, que se denomina ejes equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, denominada Numero de repeticiones de EE de 8.2t.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimento flexible, se definen tres categorías:

- Caminos de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 38: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño

| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|--------------------------------------|---|
| Tp0 | $>75.000 EE \leq 150.000 EE$ |
| Tp1 | $>150.000 EE \leq 300.000 EE$ |
| Tp2 | $>300.000 EE \leq 500.000 EE$ |
| Tp3 | $>500.000 EE \leq 750.000 EE$ |
| Tp4 | $>750.000 EE \leq 1'000.000 EE$ |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

- Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en carril y periodo de diseño.

Tabla 39: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño

| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|---|--|
| Tp5 | >1'000.000 EE≤1500.000EE |
| Tp6 | >1'500.000 EE≤3'000.000EE |
| Tp7 | >3'000.000 EE≤5'000.000EE |
| Tp8 | >5'000.000 EE≤7'500.000EE |
| Tp9 | >7'500.000 EE≤10'000.000EE |
| Tp10 | >10'000.000 EE≤12'500.000EE |
| Tp11 | >12'500.000 EE≤15'000.000EE |
| Tp12 | >15'000.000 EE≤20'000.000EE |
| Tp13 | >20'000.000 EE≤25'000.000EE |
| Tp14 | >25'000.000 EE≤30'000.000EE |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Nota: TPX: T=Trafico pasado expresado en EE en el carril de diseño.

PX= Pavimentad, X= número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

- Caminos que tienen transito mayor a 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 40: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño

| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|---|--|
| Tp15 | >30'000.000 EE |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Nota: TPX: T=Trafico pasado expresado en EE en el carril de diseño.

PX= Pavimentad, X= número de rango (14)

b) Las características de la sub rasante sobre lo que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de sub rasante, en base a su capacidad de soporte CBR.

Figura 6: Categoría de sub rasante

| CATEGORÍA DE SUB RASANTE | CBR |
|---------------------------------|--------------------------|
| S0: Sub rasante inadecuada | CBR < 3% |
| S1: Sub rasante insuficiente | De CBR ≥ 3% a CBR < 6% |
| S2: Sub rasante regular | De CBR ≥ 6% a CBR < 10% |
| S3: Sub rasante buena | De CBR ≥ 10% a CBR < 20% |
| S4: Sub rasante muy buena | De CBR ≥ 20% a CBR < 30% |
| S5: Sub rasante excelente | De CBR ≥ 30% |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Se consideran como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (sub rasante insuficiente o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizaran alternativas de solución, como la estabilización con geo sintéticos u otros productos aprobados por la entidad contratante o administradora, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose las más conveniente técnica y económica. (Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos del MTC).

5.4.2. MÉTODO GUÍA AASHTO 93 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 Numero 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 (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

5.4.2.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño a ser utilizado según el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles será de 20 años, este valor se puede ajustar según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la entidad (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

5.4.2.2. Variables

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

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_g S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{APSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.36 \log_{10}(M_g) - 8.07$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

- **W18:** Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).
- **Módulo Resiliencia (Mr):** Es una medida de la rigidez del suelo de la sub rasante, el cual para su cálculo se empleara la ecuación, que correlaciona con el CBR (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

- **Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (ZR):** representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.” (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)
- **Desviación Estándar Combinada (So):** Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).
- **Índice de Serviciabilidad (PSI):** El índice de serviciabilidad presente es la 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 peor.

Tabla 41: Índice de Serviciabilidad inicial (Pi) según rango de tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI) |
|------------------------------------|---------|------------------------------|-------------|--|
| CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO | Tp1 | 150.001 | 300.000 | 3.80 |
| | Tp2 | 300.001 | 500.000 | 3.80 |
| | Tp3 | 500.001 | 750.000 | 3.80 |
| | Tp4 | 750.001 | 1,000.000 | 3.80 |
| REDES DE CAMINOS | Tp5 | 1,000.001 | 1,500.000 | 4.00 |
| | Tp6 | 1,500.001 | 3,000.000 | 4.00 |
| | Tp7 | 3,000.001 | 5,000.000 | 4.00 |
| | Tp8 | 5,000.001 | 7,500.000 | 4.00 |
| | Tp9 | 7,500.001 | 10,000.000 | 4.00 |
| | Tp10 | 10,000.001 | 12,500.000 | 4.00 |
| | Tp11 | 12,500.001 | 15,000.000 | 4.00 |
| | Tp12 | 15,000.001 | 20,000.000 | 4.20 |
| | Tp13 | 20,000.001 | 25,000.000 | 4.20 |
| | Tp14 | 2,500.001 | 30,000.000 | 4.20 |
| | Tp15 | | >30,000.000 | 4.20 |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pav., sección Suelos y Pavimentos

- **Serviciabilidad final o terminal (Pt)**

La serviciabilidad terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Tabla 42: Índice de Serviciabilidad final (Pt) según rango de tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) |
|---|---------|------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO | Tp1 | 150.001 | 300.000 | 2.00 |
| | Tp2 | 300.001 | 500.000 | 2.00 |
| | Tp3 | 500.001 | 750.000 | 2.00 |
| | Tp4 | 750.001 | 1,000.000 | 2.00 |
| REDES DE CAMINOS | Tp5 | 1,000.001 | 1,500.000 | 2.50 |
| | Tp6 | 1,500.001 | 3,000.000 | 2.50 |
| | Tp7 | 3,000.001 | 5,000.000 | 2.50 |
| | Tp8 | 5,000.001 | 7,500.000 | 2.50 |
| | Tp9 | 7,500.001 | 10,000.000 | 2.50 |
| | Tp10 | 10,000.001 | 12,500.000 | 2.50 |
| | Tp11 | 12,500.001 | 15,000.000 | 2.50 |
| | Tp12 | 15,000.001 | 20,000.000 | 3.00 |
| | Tp13 | 20,000.001 | 25,000.000 | 3.00 |
| | Tp14 | 2,500.001 | 30,000.000 | 3.00 |
| | Tp15 | | >30,000.000 | 3.00 |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

- **Número Estructural Propuesto (SNR):** Representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, ósea de la capa de rodadura, de base y de sub-base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

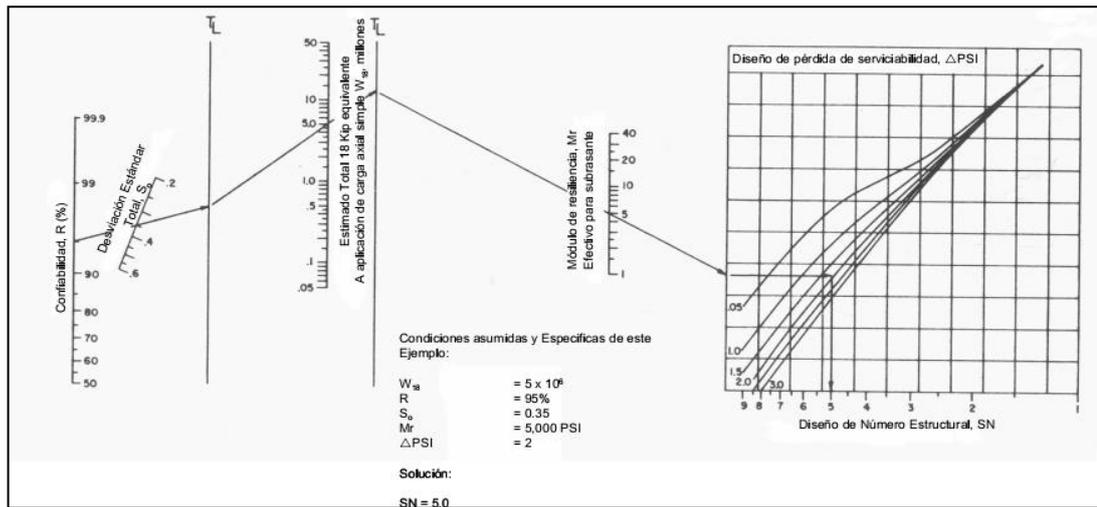
Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficiente estructurales de las capas: superficiales, base y sub Base, respectivamente.

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficiales, base y Sub base, respectivamente.

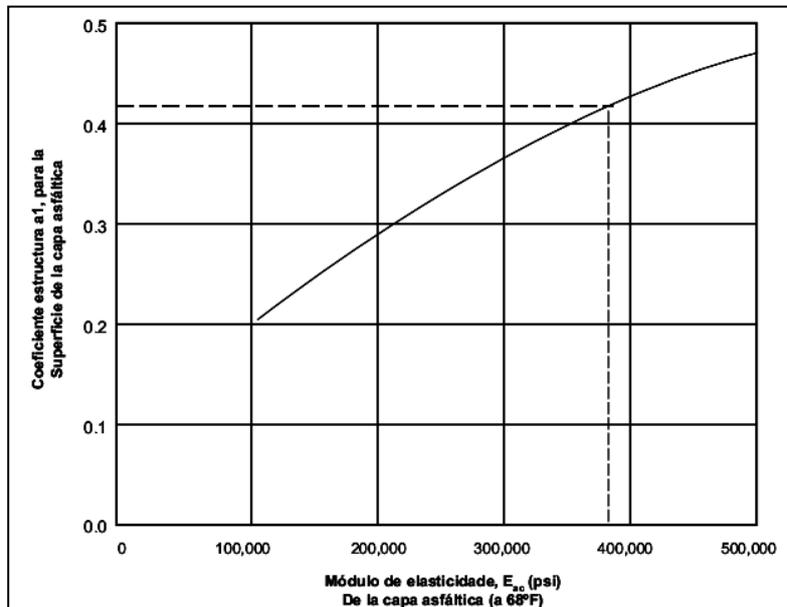
m_2, m_3 = espesores de drenaje para las capas de base y sub base, Respectivamente.

Figura 7: Abaco para el cálculo del Numero Estructural Requerido (SNR)



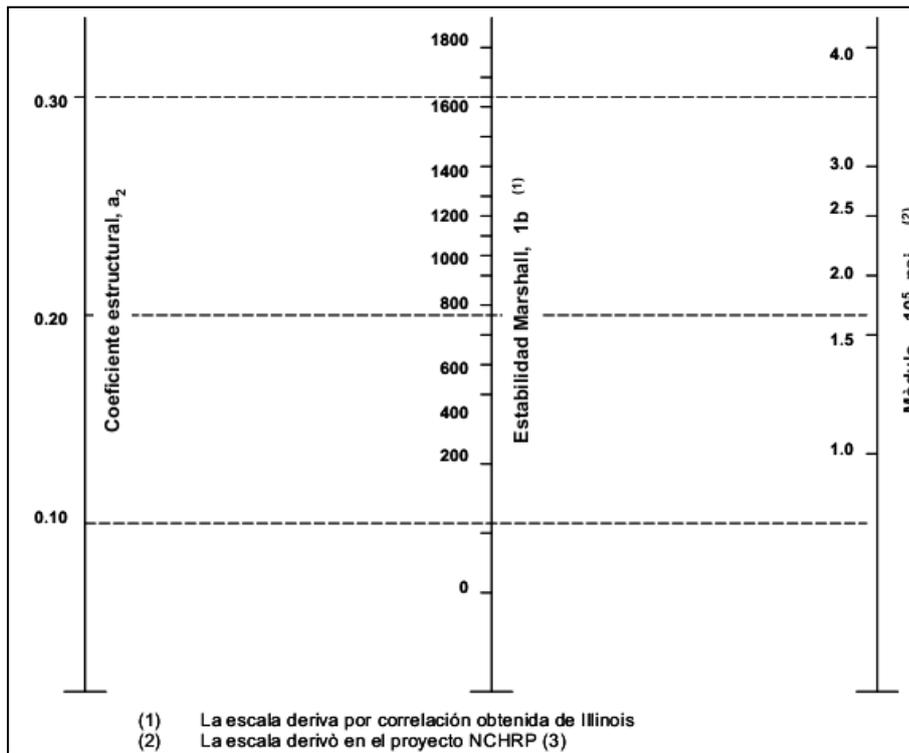
Fuente: Manual Centroamericano para diseño de Pavimento.

Figura 8: Coeficiente estructural a partir del Módulo elástico del concreto asfáltico



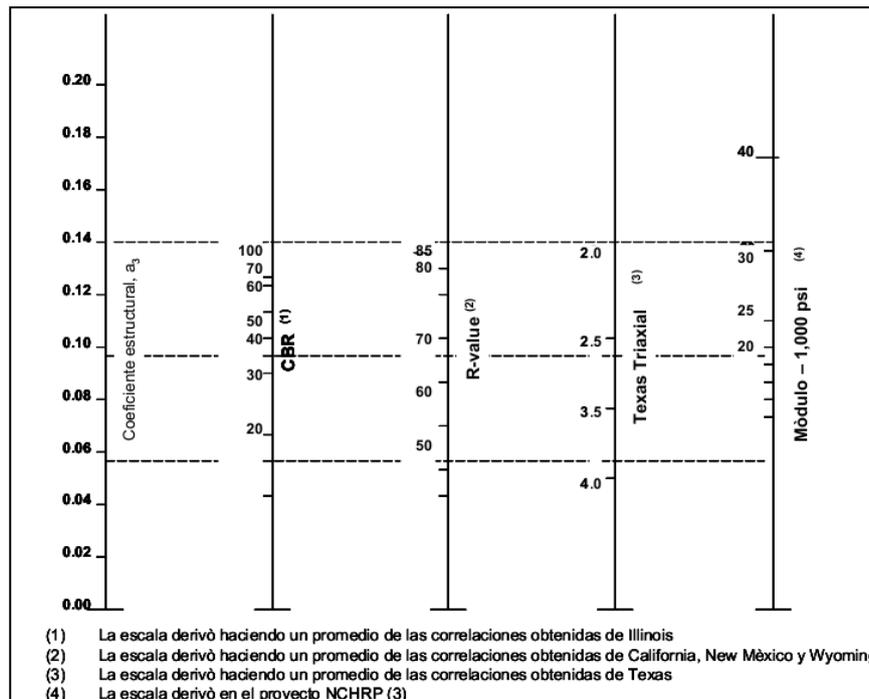
Fuente: Manual Centroamericano para diseño de Pavimento.(Iturbide, 2002)

Figura 9: Variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico



Fuente: Manual Centroamericano para diseño de Pavimento.

Figura 10: Variación en el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico



Fuente: Manual Centroamericano para diseño de Pavimento.

Tabla 43: Coeficiente Estructural de las capas del Pavimento ai

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUCT. ai (cm) | OBSERVACIONES |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en caliente, modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F) | a1 | 0.170/cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Trafico |
| Carpeta Asfáltica en frio, mezcla asfáltica con emulsión. | a1 | 0.125/cm | Capa Superficial recomendada para Trafico \leq 1'000,000 EE |
| Micropavimento 25 mm | a1 | 0.130/cm | Capa Superficial recomendada para Trafico \leq 1'000,000 EE |
| | | (*) | Capa Superficial recomendada para Trafico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%: y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contra curvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos. |
| Tratamiento Superficial Bicapa | a1 | (*) | Capa Superficial recomendada para Trafico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%: y, en tramos que obliguen al frenado de vehículos. |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm | a1 | | |
| (*) no se considera por no tener aporte estructural | | | |
| BASE | | | |
| Base Granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS | a2 | 0.052/cm | Capa de Base recomendada para Trafico \leq 10'000,000 EE |
| Base Granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS | a2 | 0.054/cm | Capa de Base recomendada para Trafico $>$ 10'000,000 EE |
| Base Granular Tratada con asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb) | a2a | 0.115/cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |
| Base Granular Tratada con cemento (resistente a la compresión 7 días 35 kg/cm ²) | a2b | 0.070cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |
| Base Granular Tratada con cemento (resistente a la compresión 7 días 12 kg/cm ²) | a2c | 0.080cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |
| SUBBASE | | | |
| Subbase Granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS | a3 | 0.047/cm | Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40% para todos los tipos de Tráfico. |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Tabla 44: Calidad del Drenaje

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

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Tabla 45: Valores recomendados de Espesores mínimos de capa Superficial y Base Granular

| TIPO DE CAMINOS | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | CAPA SUPERFICIAL | BASE GRANULAR |
|---|----------------|-------------------------------------|------------|--|----------------------|
| CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO | Tp1 | 150.001 | 300.000 | TBS,o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en caliente: 50mm | 150mm |
| | Tp2 | 300.001 | 500.000 | TBS,o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en caliente: 60mm | 150mm |
| | Tp3 | 500.001 | 750.000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en caliente: 70mm | 150mm |
| | Tp4 | 750.001 | 1,000.000 | Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en caliente: 80mm | 200mm |
| REDES DE CAMINOS | Tp5 | 1,000.001 | 1,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm | 200mm |
| | Tp6 | 1,500.001 | 3,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200mm |
| | Tp7 | 3,000.001 | 5,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm | 200mm |
| | Tp8 | 5,000.001 | 7,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm | 250mm |
| | Tp9 | 7,500.001 | 10,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm | 250mm |
| | Tp10 | 10,000.001 | 12,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm | 250mm |
| | Tp11 | 12,500.001 | 15,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm | 250mm |
| | Tp12 | 15,000.001 | 20,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm | 250mm |
| | Tp13 | 20,000.001 | 25,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300mm |
| | Tp14 | 25,000.001 | 30,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm | 300mm |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

Tabla 46: Numero Estructural Requerido para Pavimento Flexible (SN) – Periodo de diseño 20 años

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y SUB RASANTE
Carpetas Asfáltica en Caliente + Base Granular + Sub base Granular

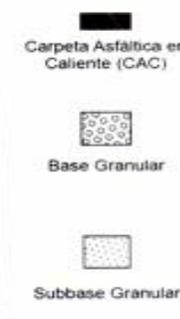
| TIPO DE SUB RASANTE | Inadecuada CBR<3%(*) | Pobre | Regular | Bueno | Muy Buena | Excelente |
|------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| CLASE DE TRANSITO | | 3% ≤CBR 6%(*) | 6% ≤CBR< 10% | 10% ≤CBR< 20% | 20% ≤CBR< 30% | ≥ 30% |
| Tp0 | | | | | | |
| 75.000<Rep.EE≤150.000 | | | 2.136 | 1.871 | 1.557 | 1.392 |
| Tp1 | | | | | | |
| 150.000<Rep.EE≤300.000 | | | 2.470 | 2.165 | 1.809 | 1.625 |
| Tp2 | | | | | | |
| 300.000<Rep.EE≤500.000 | | | 2.702 | 2.367 | 1.979 | 1.78 |
| Tp3 | | | | | | |
| 500.000<Rep.EE≤750.000 | | | 2.956 | 2.593 | 2.173 | 1.959 |
| Tp4 | | | | | | |
| 750.000<Rep.EE≤1'000.000 | | | 3.107 | 2.725 | 2.283 | 2.059 |
| Tp5 | | | | | | |
| 1'000.000<Rep.EE≤1'500.000 | | | 3.434 | 3.012 | 2.521 | 2.274 |
| Tp6 | | | | | | |
| 1'500.000<Rep.EE≤3'000.000 | | | 3.866 | 3.395 | 2.841 | 2.561 |
| Tp7 | | | | | | |
| 3'000.000<Rep.EE≤5'000.000 | | | 4.206 | 3.707 | 3.105 | 2.797 |
| Tp8 | | | | | | |
| 5'000.000<Rep.EE≤7'500.000 | | | 4.63 | 4.103 | 3.449 | 3.107 |
| Tp9 | | | | | | |
| 7'500.000<Rep.EE≤10'000.000 | | | 4.837 | 4.3 | 3.624 | 3.267 |
| Tp10 | | | | | | |
| 10'000.000<Rep.EE≤12'500.000 | | | 5.092 | 4.552 | 3.869 | 3.501 |
| Tp11 | | | | | | |
| 12'500.000<Rep.EE≤15'000.000 | | | 5.226 | 4.679 | 3.985 | 3.609 |
| Tp12 | | | | | | |
| 15'000.000<Rep.EE≤20'000.000 | | | 5.341 | 4.883 | 4.173 | 3.786 |
| Tp13 | | | | | | |
| 20'000.000<Rep.EE≤25'000.000 | | | 5.907 | 5.323 | 4.58 | 4.172 |
| Tp14 | | | | | | |
| 25'000.000<Rep.EE≤30'000.000 | | | 6.052 | 5.46 | 4.708 | 4.293 |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere estabilización de suelos, que será materia de Estudio Especial
 _Con el Suelo Estabilizado la estructura del pavimento a colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% A CBR<10%)

Figura 11: Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente – Periodo de diseño 20 años.

| EE | | Tp0 | Tp1 | Tp2 | Tp3 | Tp4 | Tp5 | Tp6 | Tp7 |
|--------------------------|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 75.001-150.000 | 150.001-300.000 | 300.001-500.000 | 500.001-750.000 | 750.001-1.000.000 | 1.000.001-1.500.000 | 1.500.001-3.000.000 | 3.000.001-5.000.000 |
| CBR % | M_v $2555 \times \text{CBR}^{0.4}$ | 5 cm 25 cm | 6 cm 28 cm | 6 cm 20 cm | 7 cm 20 cm | 8 cm 20 cm | 8 cm 25 cm | 9 cm 25 cm | 9 cm 30 cm |
| CBR < 6% | $\leq 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa) | (*) | (*) | 15 cm (*) | 16 cm (*) | 16 cm (*) | 17 cm (*) | 23 cm (*) | 24 cm (*) |
| $\geq 6\%$ CBR < 10% | $> 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa) $\leq 11,150 \text{ psi}$ (76.9 MPa) | 5 cm 25 cm | 6 cm 28 cm | 6 cm 20 cm | 7 cm 20 cm | 8 cm 20 cm | 8 cm 25 cm | 9 cm 25 cm | 9 cm 30 cm |
| $\geq 10\%$ CBR < 20% | $> 11,150 \text{ psi}$ (76.9 MPa) $\leq 17,380 \text{ psi}$ (119.8 MPa) | 5 cm 20 cm | 6 cm 23 cm | 6 cm 26 cm | 7 cm 27 cm | 8 cm 7 cm | 8 cm 20 cm | 9 cm 23 cm | 10 cm 26 cm |
| $\geq 20\%$ CBR < 30% | $> 17,380 \text{ psi}$ (119.8 MPa) $\leq 22,530 \text{ psi}$ (155.3 MPa) | 5 cm 15 cm | 6 cm 16 cm | 6 cm 19 cm | 7 cm 19 cm | 8 cm 19 cm | 8 cm 23 cm | 9 cm 26 cm | 10 cm 28 cm |
| CBR $\geq 30\%$ | $> 22,530 \text{ psi}$ (155.3 MPa) | 5 cm 15 cm | 6 cm 15 cm | 6 cm 15 cm | 7 cm 15 cm | 8 cm 15 cm | 8 cm 18 cm | 9 cm 20 cm | 10 cm 22 cm |



 Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)
 Base Granular
 Subbase Granular

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.

2. EE: Rango de tráfico en número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.

3. En la etapa de operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:

a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.

b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuara al menos una medición cada cuatro años.

c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

Figura 12: Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente – Periodo de diseño 20 años.

| EE | | Tp8 | Tp9 | Tp10 | Tp11 | Tp12 | Tp13 | Tp14 | |
|--------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | | 5 000.001-7 500.000 | 7 500.001-10 000.000 | 10 000.001-12 500.000 | 12 500.001-15 000.000 | 15 000.001-20 000.000 | 20 000.001-25 000.000 | 25 000.001-30 000.000 | |
| CBR % | M_L $2555 \times CBR^{0.78}$ | 11 cm 30 cm | 12 cm 35 cm | 13 cm 35 cm | 14 cm 35 cm | 15 cm 35 cm | 16 cm 40 cm | 17 cm 40 cm | |
| CBR < 6% | ≤ 8.040 psi (55.4 MPa) | 26 cm (*) | 21 cm (*) | 22 cm (*) | 21 cm (*) | 22 cm (*) | 22 cm (*) | 22 cm (*) | |
| ≥ 6% CBR < 10% | > 8.040 psi (55.4 MPa) ≤ 11.150 psi (76.9 MPa) | 11 cm 30 cm 26 cm | 12 cm 35 cm 21 cm | 13 cm 35 cm 22 cm | 14 cm 35 cm 21 cm | 15 cm 35 cm 22 cm | 16 cm 40 cm 22 cm | 17 cm 40 cm 22 cm | |
| ≥ 10% CBR < 20% | > 11.150 psi (76.9 MPa) ≤ 17.380 psi (119.8 MPa) | 11 cm 30 cm 15 cm | 12 cm 30 cm 15 cm | 13 cm 30 cm 16 cm | 14 cm 30 cm 15 cm | 15 cm 30 cm 16 cm | 16 cm 30 cm 21 cm | 17 cm 30 cm 21 cm | |
| ≥ 20% CBR < 30% | > 17.380 psi (119.8 MPa) ≤ 22.530 psi (155.3 MPa) | 11 cm 31 cm | 12 cm 31 cm | 13 cm 31 cm | 14 cm 31 cm | 15 cm 31 cm | 16 cm 22 cm 15 cm | 17 cm 22 cm 15 cm | |
| CBR ≥ 30% | > 22.530 psi (155.3 MPa) | 11 cm 24 cm | 12 cm 24 cm | 13 cm 24 cm | 14 cm 24 cm | 15 cm 24 cm | 16 cm 27 cm | 17 cm 27 cm | |

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)
 Base Granular
 Subbase Granular

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

- Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
 2. EE: Rango de tráfico en número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
 3. En la etapa de operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
 a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
 b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuara al menos una medición cada cuatro años.c)
 Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

5.4.3. Parámetro de Diseño de Pavimento Semirrígido

Para los diseños de los pavimentos semirrígidos con carpeta asfáltica en caliente y base tratada, se representan los espesores mínimos en el siguiente cuadro. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Tabla 47: Número de Repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2tn, en el carril de diseño

| TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE | RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE |
|---|--|
| Tp5 | $>1'000.000 EE \leq 1500.000EE$ |
| Tp6 | $>1'500.000 EE \leq 3'000.000EE$ |
| Tp7 | $>3'000.000 EE \leq 5'000.000EE$ |
| Tp8 | $>5'000.000 EE \leq 7'500.000EE$ |
| Tp9 | $>7'500.000 EE \leq 10'000.000EE$ |
| Tp10 | $>10'000.000 EE \leq 12'500.000EE$ |
| Tp11 | $>12'500.000 EE \leq 15'000.000EE$ |
| Tp12 | $>15'000.000 EE \leq 20'000.000EE$ |
| Tp13 | $>20'000.000 EE \leq 25'000.000EE$ |
| Tp14 | $>25'000.000 EE \leq 30'000.000EE$ |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

Nota: TPX: T=Trafico pasado expresado en EE en el carril de diseño.

PX= Pavimentad, X= número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

Y a partir de ellos se determina el espesor necesario de base tratada, cumpliendo así con el número estructural requerido por la estructura del pavimento.

- Se aplica a caminos que tienen un tránsito mayor de 1'000,000 EE en el carril y periodo de diseño. En este caso el periodo de diseño es de 20 años, considerando en dos etapas de 10 años y en una sola etapa de 20 años.

- Se aplica sobre una sub rasante de categoría buena o con un CBR mayor e igual 20%, sobre la cual se coloca la base tratada con asfalto, con cemento o con cal. En este tipo de pavimento se ha considerado capas granulares de base o sub base.

Con base en estos dos parámetros, tránsito expresado en ejes equivalentes (EE) y CBR de sub rasante correlacionado con módulo resiliente, se definirán las secciones de pavimento que se encuentran especificadas en los catálogos de estructuras de pavimento semirrígido. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014).

Tabla 48: Coeficientes Estructurales de las Capas de Pavimento ai

| COMPONENTE DEL PAVIMENTO | COEFICIENTE | VALOR COEFICIENTE ESTRUC. Ai (cm) | OBSERVACIONES |
|--|-------------|-----------------------------------|--|
| CAPA SUPERFICIAL | | | |
| Carpeta Asfáltica en caliente, modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F) | a1 | 0.170/cm | Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico |
| BASE | | | |
| Base Granular con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500lb) | a2a | 0.115/cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |
| Base Granular Tratada con Cemento (resistente a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²) | a2b | 0.070/cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |
| Base Granular Tratada con Cal (resistente a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²) | a2c | 0.080/cm | Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico. |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

5.4.3.1. Sección de la Estructura del Pavimento Semirrígido

Para determinar las secciones de estructuras de pavimento semirrígido, se consideran los siguientes espesores mínimos recomendados.

Tabla 49: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial Asfáltica

| TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | CAPA SUPERFICIAL | |
|---------|------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| Tp5 | 1,000.001 | 1,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm |
| Tp6 | 1,500.001 | 3,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm |
| Tp7 | 3,000.001 | 5,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm |
| Tp8 | 5,000.001 | 7,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm |
| Tp9 | 7,500.001 | 10,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm |
| Tp10 | 10,000.001 | 12,500.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm |
| Tp11 | 12,500.001 | 15,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm |
| Tp12 | 15,000.001 | 20,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm |
| Tp13 | 20,000.001 | 25,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm |
| Tp14 | 25,000.001 | 30,000.000 | Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

**Figura 13: Catálogo De Números Estructurales (SN) Adoptados Por Tipos De Tráfico Y Sub rasante – Periodo De Diseño 20 Años
Carpeta Asfáltica En Caliente + Base Tratada Con Asfalto + Sub base Granular**

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPOS DE TRAFICO Y SUB RASANTE
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Tratada con Asfalto + Subbase Granular

| TIPO DE SUB RASANTE | Inadecuada CBR<3%(*) | Pobre 3% ≤CBR 6%(*) | Regular 6% ≤CBR< 10% | Bueno 10% ≤CBR< 20% | Muy Buena 20% ≤CBR< 30% | Excelente ≥ 30% |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|---|----------------------------|
| CLASE DE TRANSITO | | | | | | |
| Tp0 75.000<Rep.EE≤150.000 | | | 2.170 | 1.950 | 1.950 | 1.950 |
| Tp1 150.000<Rep.EE≤300.000 | | | 2.670 | 2.230 | 2.120 | 2.120 |
| Tp2 300.000<Rep.EE≤500.000 | | | 2.780 | 2.450 | 2.120 | 2.120 |
| Tp3 500.000<Rep.EE≤750.000 | | | 3.060 | 2.620 | 2.229 | 2.290 |
| Tp4 750.000<Rep.EE≤1'000.000 | | | 3.230 | 2.790 | 2.460 | 2.460 |
| Tp5 1'000.000<Rep.EE≤1'500.000 | | | 3.560 | 3.120 | 3.010 | 3.010 |
| Tp6 1'500.000<Rep.EE≤3'000.000 | | | 3.730 | 3.400 | 3.180 | 3.180 |
| Tp7 3'000.000<Rep.EE≤5'000.000 | | | 4.280 | 3.900 | 3.350 | 3.350 |
| Tp8 5'000.000<Rep.EE≤7'500.000 | | | 4.730 | 4.180 | 3.520 | 3.520 |
| Tp9 7'500.000<Rep.EE≤10'000.000 | | | 4.900 | 4.350 | 3.690 | 3.690 |
| Tp10 10'000.000<Rep.EE≤12'500.000 | | | 5.180 | 4.630 | 3.970 | 3.860 |
| Tp11 12'500.000<Rep.EE≤15'000.000 | | | 5.350 | 4.800 | 4.140 | 4.030 |
| Tp12 15'000.000<Rep.EE≤20'000.000 | | | 5.520 | 4.970 | 4.310 | 4.200 |
| Tp13 20'000.000<Rep.EE≤25'000.000 | | | 6.020 | 5.470 | 4.590 | 4.370 |
| Tp14 25'000.000<Rep.EE≤30'000.000 | | | 6.19 | 5.640 | 4.760 | 4.540 |

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere estabilización de suelos, que será materia de Estudio Especial
_ Con el Suelo Estabilizado la estructura del pavimento a colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% A CBR<10%)

Figura 14: Catálogo e Estructuras de Pavimento Semirrígido con Base Tratada con Asfalto – Periodo de Diseño 20 Años

| EE | | 75,001-150,000 | 150,001-300,000 | 300,001-500,000 | 500,001-750,000 | 750,001-1'000,000 | 1'000,001-1'500,000 | 1'500,001-3'000,000 | 3'000,001-5'000,000 |
|-----------------|--|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Tp0 | Tp1 | Tp2 | Tp3 | Tp4 | Tp5 | Tp6 | Tp7 |
| CBR % | $M_R = 2555 \times CBR^{0.64}$ | 5 cm | 6 cm | 6 cm | 7 cm | 8 cm | 8 cm | 9 cm | 9 cm |
| CBR < 6% | ≤ 8,040 psi (55.4 MPa) | 12 cm (*) | 15 cm (*) | 16 cm (*) | 17 cm (*) | 17 cm (*) | 20 cm (*) | 20 cm (*) | 25 cm (*) |
| ≥ 6% CBR < 10% | > 8,040 psi (55.4 MPa) ≤ 11,150 psi (76.9 MPa) | 5 cm 12 cm | 6 cm 15 cm | 6 cm 16 cm | 7 cm 17 cm | 8 cm 17 cm | 8 cm 20 cm | 9 cm 20 cm | 9 cm 25 cm |
| ≥ 10% CBR < 20% | > 11,150 psi (76.9 MPa) ≤ 17,380 psi (119.8 MPa) | 5 cm 10 cm | 6 cm 11 cm | 6 cm 13 cm | 7 cm 13 cm | 8 cm 13 cm | 8 cm 16 cm | 9 cm 17 cm | 10 cm 20 cm |
| ≥ 20% CBR < 30% | > 17,380 psi (119.8 MPa) ≤ 22,530 psi (155.3 MPa) | 5 cm 10 cm | 6 cm 10 cm | 6 cm 10 cm | 7 cm 10 cm | 8 cm 10 cm | 8 cm 15 cm | 9 cm 15 cm | 10 cm 15 cm |
| CBR ≥ 30% | > 22,530 psi (155.3 MPa) | 5 cm 10 cm | 6 cm 10 cm | 6 cm 10 cm | 7 cm 10 cm | 8 cm 10 cm | 8 cm 15 cm | 9 cm 15 cm | 10 cm 15 cm |

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)
 Base Tratada con Asfalto
 Subbase Granular

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

- Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
2. EE: Rango de tráfico en número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
- a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
 - b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuara al menos una medición cada cuatro años.
 - c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento.

Figura 15: Catálogo e Estructuras de Pavimento Semirrígido con Base Tratada con Asfalto – Periodo de Diseño 20 Años

| EE | | 5'000.001-7'500.000 | 7'500.001-10'000.000 | 10'000.001-12'500.000 | 12'500.001-15'000.000 | 15'000.001-20'000.000 | 20'000.001-25'000.000 | 25'000.001-30'000.000 | |
|--------------------|--|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| CBR % | M_R $2555 \times CBR^{0.54}$ | Tp8 | Tp9 | Tp10 | Tp11 | Tp12 | Tp13 | Tp14 | |
| CBR % | M_R $2555 \times CBR^{0.54}$ | 11 cm 26 cm | 12 cm 26 cm | 13 cm 27 cm | 14 cm 27 cm | 15 cm 27 cm | 16 cm 30 cm | 17 cm 30 cm | |
| CBR < 6% | ≤ 8,040 psi (55.4 MPa) | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) | |
| ≥ 6% CBR < 10% | > 8,040 psi (55.4 MPa) ≤ 11,150 psi (76.9 MPa) | 11 cm 26 cm | 12 cm 26 cm | 13 cm 27 cm | 14 cm 27 cm | 15 cm 27 cm | 16 cm 30 cm | 17 cm 30 cm | |
| ≥ 10% CBR < 20% | > 11,150 psi (76.9 MPa) ≤ 17,380 psi (119.8 MPa) | 11 cm 21 cm | 12 cm 21 cm | 13 cm 22 cm | 14 cm 22 cm | 15 cm 22 cm | 16 cm 25 cm | 17 cm 25 cm | |
| ≥ 20% CBR < 30% | > 17,380 psi (119.8 MPa) ≤ 22,530 psi (155.3 MPa) | 11 cm 15 cm | 12 cm 15 cm | 13 cm 16 cm | 14 cm 16 cm | 15 cm 16 cm | 16 cm 17 cm | 17 cm 17 cm | |
| CBR ≥ 30% | > 22,530 psi (155.3 MPa) | 11 cm 15 cm | 12 cm 15 cm | 13 cm 15 cm | 14 cm 15 cm | 15 cm 15 cm | 16 cm 15 cm | 17 cm 15 cm | |



Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)
 Base Tratada con Asfalto
 Subbase Granular

Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

- Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
2. EE: Rango de tráfico en número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
- a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
 - b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuara al menos una medición cada cuatro años.
 - c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento

5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO.

En este capítulo se verá sobre las dos alternativas del pavimento flexible y semirrígido y se evaluará cuál de las opciones es el más adecuado.

Para esto se realizará un análisis de precios unitarios, características, ventajas y desventajas de cada diseño y por ultimo cuál de los diseños es más recomendado.

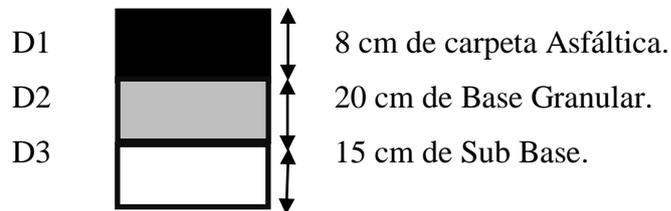
5.5.1. Diseño del Pavimento Flexible

5.5.1.1. Diseños de acuerdo al (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

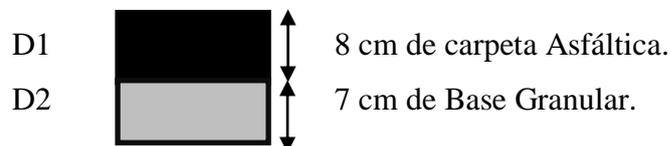
De acuerdo al análisis encontrado en la zona de estudio, se encontraron las siguientes dimensiones.

a) Estructura del Pavimento flexible periodo de Diseño 20 Años

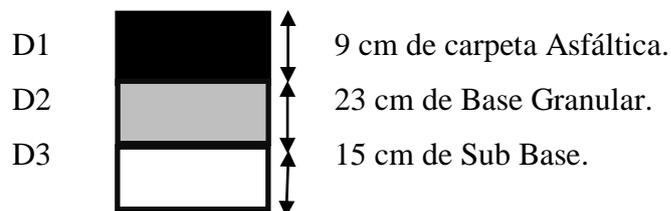
- Para las calle Pucara su estructura es la siguiente:



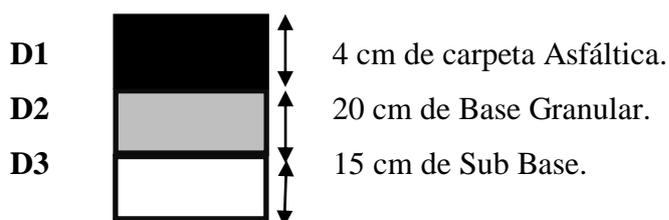
- Para las calle Progreso su estructura es la siguiente:



- Para la Av. Las Américas.



- Para la Av. 7 de Julio.



5.5.1.2. Diseño Propuestos

- Para la calle Pucara

| Alternativas | SNR (req.) | SNR (calc.) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | Precio S/. |
|--------------|---------------|----------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1 | 2.862 | 3.07 | 6 | 25 | 15 | 74.00 |
| 2 | 2.862 | 2.90 | 5 | 25 | 15 | 69.25 |
| 3 | 2.862 | 2.89 | 5 | 20 | 20 | 67.75 |
| 4 | 2.862 | 2.88 | 5 | 15 | 25 | 66.25 |

- Para la calle Progreso

| Alternativas | SNR (req.) | SNR (calc.) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | Precio S/. |
|--------------|---------------|----------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1 | 2.471 | 2.59 | 7 | 27 | 4 | 67.00 |
| 2 | 2.471 | 2.64 | 5 | 20 | 15 | 63.00 |
| 3 | 2.471 | 2.65 | 5 | 25 | 10 | 64.50 |
| 4 | 2.471 | 2.61 | 5 | 30 | 4 | 65.05 |

- Para la Av. Las América

| Alternativas | SNR (req.) | SNR (calc.) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | Precio S/. |
|--------------|---------------|----------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1 | 2.975 | 3.15 | 8 | 20 | 15 | 77.25 |
| 2 | 2.975 | 3.24 | 7 | 25 | 15 | 78.75 |
| 3 | 2.975 | 3.09 | 7 | 25 | 12 | 75.90 |
| 4 | 2.975 | 3.07 | 6 | 25 | 15 | 74.00 |

- **Para la Av. 7 Julio**

| Alternativas | SNR (req.) | SNR (calc.) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | Precio S/. |
|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 4.155 | 4.52 | 13 | 30 | 15 | 113.50 |
| 2 | 4.155 | 4.17 | 11 | 25 | 20 | 102.50 |
| 3 | 4.155 | 4.26 | 10 | 30 | 20 | 104.00 |
| 4 | 4.155 | 4.27 | 10 | 35 | 15 | 105.50 |

En el caso de pavimentos flexibles se tienen tres categorías y de acuerdo al tipo de EE se diseñara.

Los aspectos más importantes en la composición y el comportamiento del pavimento flexible son:

5.5.1.3. Ventajas

- Aumenta la vida útil.
- Disminuye la precisión sobre la sub rasante.
- Facilita el reciclaje.

5.5.1.4. Desventajas

- Agrietamiento por fatiga.
- Deformación permanente
- Agrietamiento a bajas temperaturas

5.5.1.5. Características

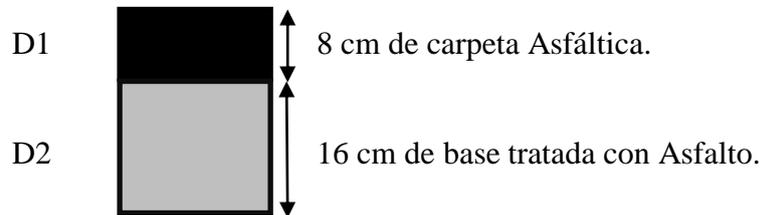
- Resistencia estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Requerimientos de la conservación.
- Comodidad

5.5.2. Pavimento Semirrígido

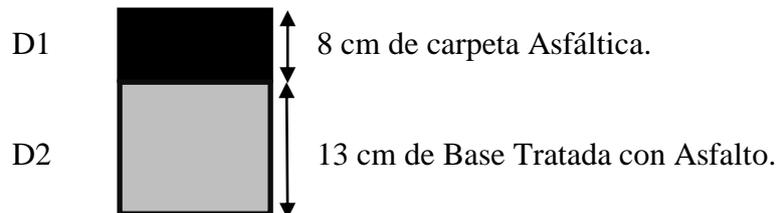
5.5.2.1. Diseños de acuerdo al (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

a) Estructura del Pavimento Semirrígido periodo de Diseño 20 Años

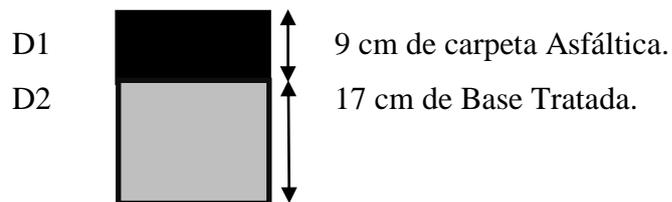
- Para las calles Pucara su estructura es la siguiente.



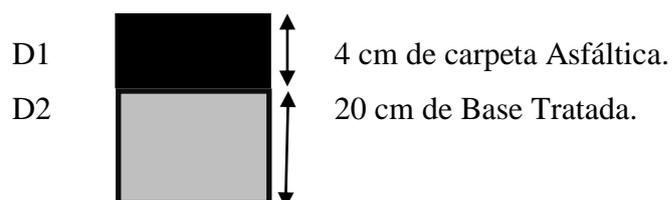
- Para las calles Progreso su estructura es la siguiente.



- Para la Av. Las Américas.



- Para la Av. 7 de Julio.



5.5.2.2. Diseño Propuestos

- Para la calle Pucara

| Alternativas | SNR | SNR | D1 | D2 | D3 | Precio |
|---------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | (req.) | (calc.) | (cm) | (cm) | (cm) | S/. |
| 1 | 2.862 | 2.92 | 7 | 15 | 15 | 65.00 |
| 2 | 2.862 | 3.15 | 5 | 20 | 15 | 62.75 |
| 3 | 2.862 | 2.98 | 4 | 20 | 15 | 61.00 |
| 4 | 2.862 | 3.22 | 2 | 25 | 15 | 60.52 |

- Para la calle Progreso

| Alternativas | SNR | SNR | D1 | D2 | D3 | Precio |
|---------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | (req.) | (calc.) | (cm) | (cm) | (cm) | S/. |
| 1 | 2.471 | 2.64 | 2 | 20 | 15 | 58.23 |
| 2 | 2.471 | 2.58 | 5 | 15 | 15 | 60.22 |
| 3 | 2.471 | 2.52 | 6 | 13 | 15 | 62.50 |
| 4 | 2.471 | 2.57 | 7 | 12 | 15 | 64.05 |

- Para la Av. Las América

| Alternativas | SNR | SNR | D1 | D2 | D3 | Precio |
|---------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | (req.) | (calc.) | (cm) | (cm) | (cm) | S/. |
| 1 | 2.975 | 3.32 | 6 | 20 | 15 | 66.20 |
| 2 | 2.975 | 3.03 | 7 | 16 | 15 | 67.40 |
| 3 | 2.975 | 3.09 | 8 | 15 | 15 | 69.50 |
| 4 | 2.975 | 3.21 | 4 | 22 | 15 | 64.78 |

- Para la Av. 7 Julio

| Alternativas | SNR | SNR | D1 | D2 | D3 | Precio |
|---------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | (req.) | (calc.) | (cm) | (cm) | (cm) | S/. |
| 1 | 4.155 | 4.24 | 7 | 25 | 15 | 88.80 |
| 2 | 4.155 | 4.64 | 8 | 30 | 15 | 90.52 |
| 3 | 4.155 | 4.23 | 10 | 22 | 15 | 103.50 |
| 4 | 4.155 | 4.34 | 12 | 20 | 15 | 105.00 |

Este tipo de pavimento es una alternativa muy importante porque mejora la durabilidad, resistencia, vida útil de servicio y las deformaciones ya que la base es tratada con asfalto.

Para pavimentos semirrígido el EE deben ser 1'000,000, con un CBR \geq 20% de sub rasante lo cual es una sub rasante buena.

5.5.2.3. Ventajas

- Mejora la capacidad estructural y eleva la vida de servicio.
- Mejora la resistencia a condiciones saturadas en comparación con material no tratado.
- Mejora las propiedades físicas de los materiales.
- Mejora la resistencia a la fatiga de superficies bituminosas colocadas encima (comparado con material no tratado).
- Excelente en la vida útil.
- Deformaciones muy reducidas en la sub rasante.
- Reducción de volumen de asfalto.

5.5.2.4. Base tratada

Para la base con CBR < 6% se colocará una base tratada, ya sea con asfalto, cal o cemento.

Al realizar el tratamiento de la base, tendrá más resistencia a las condiciones para las que estará diseñado.

5.5.3. Resultados

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis del diseño, dimensiones y precios se tomara el pavimento semirrígido con base tratada el más adecuado.
- El análisis económico realizado ha sido desarrollado únicamente para la etapa de construcción; las etapas de mantenimiento y operaciones no han sido consideradas en este análisis.

5.6. CUÁL ES EL DISEÑO MÁS ADECUADO TÉCNICA Y ECONÓMICAMENTE, PARA LA ZONA DE ESTUDIO.

1) Pavimentos Semirrígidos.

• Para la calle Pucara

| Presupuesto | 1001002 | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | | |
|---------------------|--|------------------------------|------------|-----------------|---------------------------------|--------------|-------------------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | | 29/06/2017 |
| Partida | 01.01 | BASE TRATADA 25 cm | | | | | |
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 24.59 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0178 | 16.47 | 0.29 | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 4.0000 | 0.0711 | 14.81 | 1.05 | |
| | | | | | | 1.55 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 | |
| | | | | | | 13.37 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.55 | 0.05 | |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 | |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 132.14 | 2.35 | |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 | |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0178 | 141.13 | 2.51 | |
| | | | | | | 9.67 | |

| Partida | 02.01 | | SUB BASE 15 cm | | | | |
|---------------------|--|----------|----------------|-----------|---------------------------------|------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 16.59 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0178 | 16.47 | 0.29 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 4.0000 | 0.0711 | 14.81 | 1.05 |
| | | | | | | | 1.55 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 |
| | | | | | | | 5.37 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 1.55 | 0.05 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 132.14 | 2.35 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 141.13 | 2.51 |
| | | | | | | | 9.67 |

| Partida | 03.01 | | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | | | | |
|---------------------|--|----------|--|-----------|---------------------------------|------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 7.16 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 1.0000 | 0.0178 | 14.81 | 0.26 |
| | | | | | | | 0.47 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 5.0000 | 0.47 | 0.02 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 |
| | | | | | | | 4.78 |
| Subpartidas | | | | | | | |
| 010305010107 | TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA | | m3 | | 0.1700 | 11.21 | 1.91 |
| | | | | | | | 1.91 |

| Partida | 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2 cm | | | | |
|---------------------|--|--|------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 360.0000 | EQ. | 360.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 19.48 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0222 | 23.13 | 0.51 |
| | | | | | | 0.51 |
| Materiales | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.0450 | 50.49 | 2.27 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.0390 | 35.29 | 1.38 |
| 0207020002 | FILLER | kg | | 3.3000 | 0.49 | 1.62 |
| 02130100060001 | CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | gal | | 1.0000 | 6.01 | 6.01 |
| | | | | | | 11.28 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES CARGADOR SOBRE | %mo | | 3.0000 | 0.51 | 0.02 |
| 03011600010003 | LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 0.5500 | 0.0122 | 160.28 | 1.96 |
| 03013900030001 | PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h | hm | 0.5500 | 0.0122 | 335.00 | 4.09 |
| 0301400003 | SECADORA DE ÁRIDOS | hm | 0.5500 | 0.0122 | 132.83 | 1.62 |
| | | | | | | 7.69 |

| Partida | 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | | | |
|---------------------|--|---|------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,800.0000 | EQ. | 1,800.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 2.64 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0044 | 23.13 | 0.10 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0044 | 16.47 | 0.07 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 6.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| 01010100060001 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO | hh | 3.0000 | 0.0133 | 20.93 | 0.28 |
| | | | | | | 0.85 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.85 | 0.04 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03011000060006 | RODIL NEUMT. AUTO P5.5- 20TN 81-100HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03013900020002 | PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | hm | 1.0000 | 0.0044 | 133.71 | 0.59 |
| | | | | | | 1.79 |

| Partida | 03.04 | | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|---|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,200.0000 | EQ. | 1,200.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 10.95 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.5000 | 0.0033 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 1.0000 | 0.0067 | 20.07 | 0.13 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 4.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| | | | | | | | 0.61 |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 |
| | | | | | | | 8.00 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 0.61 | 0.02 |
| 03011400060003 | COMPRESORA NEUMÁTICA 250 - 330 PCM - 87 HP | | hm | 1.0000 | 0.0067 | 35.56 | 0.24 |
| 03012200080002 | CAMIÓN IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl | | hm | 1.0000 | 0.0067 | 118.34 | 0.79 |
| 03013900050001 | BARREDORA MECÁNICA 10- 20 HP 7 P.LONG. | | hm | 4.0000 | 0.0267 | 48.24 | 1.29 |
| | | | | | | | 2.34 |

| Partida | 03.05 | | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|----------------------------|-----------------|---|------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 230.0000 | EQ. | 230.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 1.14 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.1000 | 0.0035 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 2.0000 | 0.0696 | 14.81 | 1.03 |
| | | | | | | | 1.11 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 1.11 | 0.03 |
| | | | | | | | 0.03 |

| Partida | 03.06 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | |
|---------------------|--|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 216.0000 | EQ. | 216.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 12.83 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0741 | 14.81 | 1.10 |
| | | | | | | 1.10 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 1.10 | 0.06 |
| 03011700020009 | RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 80-110HP 0.50-1.3YD3 | hm | 2.0000 | 0.0741 | 140.00 | 10.37 |
| 03012200040005 | CAMIÓN VOLQUETE 4X2 140-210 HP 6M3 | hm | 0.2500 | 0.0093 | 140.00 | 1.30 |
| | | | | | | 11.73 |

Presupuesto

| Presupuesto | 1001002 | CALLE PUCARA | | | |
|--|--|-----------------------|------------|------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | |
| Cliente | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | Costo al | 29/06/2017 | | |
| Lugar | LA LIBERTAD - TRUJILLO - LA ESPERANZA | | | | |
| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
| 01 | BASE | | | | 24.59 |
| 01.01 | BASE TRATADA 20 cm | m2 | 1.00 | 24.59 | 24.59 |
| 02 | SUB BASE | | | | 16.59 |
| 02.01 | SUB BASE 15 CM | m2 | 1.00 | 16.59 | 16.59 |
| 03 | PAVIMENTOS | | | | 54.20 |
| 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | m2 | 1.00 | 7.16 | 7.16 |
| 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 4cm | m2 | 1.00 | 19.48 | 19.48 |
| 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | m2 | 1.00 | 2.64 | 2.64 |
| 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 10.95 | 10.95 |
| 03.05 | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.14 | 1.14 |
| 03.06 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m2 | 1.00 | 12.83 | 12.83 |
| Costo Directo | | | | | 95.38 |
| SON : MOVENTAYCINCO Y 38/100 NUEVOS SOLES | | | | | |

• **Para la calle Progreso**

| Presupuesto | 1001002 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | | | |
|---------------------|--|----------|--------|-----------|---------------------------------|------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | Fecha presupuesto | 29/06/2017 | |
| Partida | 01.01 BASE TRATADA 15 cm | | | | | | |
| Rendimiento | m2/DÍA | 500.0000 | EQ. | 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 24.19 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0160 | 23.13 | 0.37 |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0160 | 16.47 | 0.26 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 6.0000 | 0.0960 | 14.81 | 1.42 |
| | | | | | | | 2.05 |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 |
| | | | | | | | 13.37 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 6.0000 | 2.05 | 0.12 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 152.31 | 2.44 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 132.14 | 2.11 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 115.20 | 1.84 |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 141.13 | 2.26 |
| | | | | | | | 8.77 |

| Partida | 02.01 SUB BASE 15 cm | | | | | | |
|---------------------|--|----------|--------|-----------|---------------------------------|------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 500.0000 | EQ. | 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 16.19 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0160 | 23.13 | 0.37 |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0160 | 16.47 | 0.26 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 6.0000 | 0.0960 | 14.81 | 1.42 |
| | | | | | | | 2.05 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 |
| | | | | | | | 5.37 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 6.0000 | 2.05 | 0.12 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 152.31 | 2.44 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 132.14 | 2.11 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 115.20 | 1.84 |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | | hm | 1.0000 | 0.0160 | 141.13 | 2.26 |
| | | | | | | | 8.77 |

| Partida | 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | | | | |
|---------------------|--|---|-----------|-----------------|---------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 7.16 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0178 | 14.81 | 0.26 |
| | | | | | | 0.47 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.47 | 0.02 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 |
| | | | | | | 4.78 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010305010107 | TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA | m3 | | 0.1700 | 11.21 | 1.91 |
| | | | | | | 1.91 |

| Partida | 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 5cm | | | | |
|---------------------|--|---|-----------|-----------------|---------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 400.0000 | EQ. | 400.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 18.04 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0200 | 23.13 | 0.46 |
| | | | | | | 0.46 |
| Materiales | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.0450 | 50.49 | 2.27 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.0390 | 35.29 | 1.38 |
| 0207020002 | FILLER | kg | | 3.3000 | 0.49 | 1.62 |
| 02130100060001 | CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | gal | | 1.0000 | 6.01 | 6.01 |
| | | | | | | 11.28 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.46 | 0.02 |
| 011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 0.5000 | 0.0100 | 160.28 | 1.60 |
| 03013900030001 | PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h | hm | 0.5000 | 0.0100 | 335.00 | 3.35 |
| 0301400003 | SECADORA DE ÁRIDOS | hm | 0.5000 | 0.0100 | 132.83 | 1.33 |
| | | | | | | 6.30 |

| Partida | 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | | | |
|---------------------|---|---|------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,800.0000 | EQ. | 1,800.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 2.64 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0044 | 23.13 | 0.10 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0044 | 16.47 | 0.07 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 6.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| 01010100060001 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO | hh | 3.0000 | 0.0133 | 20.93 | 0.28 |
| | | | | | | 0.85 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.85 | 0.04 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03011000060006 | RODIL NEUMT. AUTO P5.5-20TN 81-100HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03013900020002 | PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | hm | 1.0000 | 0.0044 | 133.71 | 0.59 |
| | | | | | | 1.79 |

| Partida | 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|--|------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,200.0000 | EQ. | 1,200.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 10.95 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0033 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0067 | 20.07 | 0.13 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 4.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| | | | | | | 0.61 |
| Materiales | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 |
| | | | | | | 8.00 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.61 | 0.02 |
| 03011400060003 | COMPRESORA NEUMÁTICA 250 - 330 PCM - 87 HP | hm | 1.0000 | 0.0067 | 35.56 | 0.24 |
| 03012200080002 | CAMIÓN IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl | hm | 1.0000 | 0.0067 | 118.34 | 0.79 |
| 03013900050001 | BARREDORA MECÁNICA 10-20 HP 7 P.LONG. | hm | 4.0000 | 0.0267 | 48.24 | 1.29 |
| | | | | | | 2.34 |

| Partida | 03.05 BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | | | | | |
|---------------------|---|-----------------|-----------|-----------------|---------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 230.0000 | EQ. | 230.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 1.14 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0035 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0696 | 14.81 | 1.03 |
| | | | | | | 1.11 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.11 | 0.03 |
| | | | | | | 0.03 |

| Partida | 03.06 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | | |
|---------------------|---|-----------------|-----------|-----------------|---------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 216.0000 | EQ. | 216.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 12.83 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0741 | 14.81 | 1.10 |
| | | | | | | 1.10 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 1.10 | 0.06 |
| 0301170002000 | RETROEXCAVADORA SOBRE CANTAS 80-110HP 0.50-1.3YD3 | hm | 2.0000 | 0.0741 | 140.00 | 10.37 |
| 0301220004000 | CAMIÓN VOLQUETE 4X2 140-0 HP 6M3 | hm | 0.2500 | 0.0093 | 140.00 | 1.30 |
| | | | | | | 11.73 |

Presupuesto

| | | | | | |
|----------------|--|------------------------------|--|----------|-------------------|
| Presupuesto | 1001002 | CALLE PROGRESO | | | |
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | |
| Cliente | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | Costo al | 29/06/2017 |
| Lugar | LA LIBERTAD - TRUJILLO - LA ESPERANZA | | | | |

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|--|--|-----------|---------|------------|--------------|
| 01 | BASE | | | | 24.19 |
| 01.01 | BASE TRATADA 15 cm | m2 | 1.00 | 24.19 | 24.19 |
| 02 | SUB BASE | | | | 16.19 |
| 02.01 | SUB BASE 15 cm | m2 | 1.00 | 16.19 | 16.19 |
| 03 | PAVIMENTOS | | | | 59.05 |
| 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | m2 | 1.00 | 7.16 | 7.16 |
| 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 5cm | m2 | 1.00 | 18.04 | 18.04 |
| 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | m2 | 1.00 | 2.64 | 2.64 |
| 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 10.95 | 10.95 |
| 03.05 | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.14 | 1.14 |
| 03.06 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m2 | 1.00 | 12.83 | 12.83 |
| | Costo Directo | | | | 99.43 |
| SON : NOVENTA Y NUEVE Y 43/100 NUEVOS SOLES | | | | | |

• Para la Av. Las Américas

| Presupuesto | 1001002 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | | | Fecha presupuesto | 29/06/2017 | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------|--------|-----------|---------------------------------|------------|-------------------|------------|--|
| Subpresupues | 001 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | | | | | |
| Partida | 01.01 | BASE TRATADA 22 cm | | | | | | | |
| Rendimiento | m2/DÍA | 400.0000 | EQ. | 400.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 26.65 | | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0200 | 23.13 | 0.46 | | |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 0.5000 | 0.0100 | 16.47 | 0.16 | | |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 6.0000 | 0.1200 | 14.81 | 1.78 | | |
| | | | | | | | 2.40 | | |
| Materiales | | | | | | | | | |
| 02010500010 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 | | |
| | | | | | | | 13.37 | | |
| Equipos | | | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 2.40 | 0.07 | | |
| 03011000060 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101- | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 152.31 | 3.05 | | |
| 03011000060 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58- | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 132.14 | 2.64 | | |
| 03012000010 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 115.20 | 2.30 | | |
| 03012200050 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 141.13 | 2.82 | | |
| | | | | | | | 10.88 | | |

| Partida | 02.01 | SUB BASE 15 cm | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|----------------|--------|-----------|--------------------------------|------------|--------------|--|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 400.0000 | EQ. | 400.0000 | Costo unitario directo por: m2 | | 18.65 | | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0200 | 23.13 | 0.46 | | |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 0.5000 | 0.0100 | 16.47 | 0.16 | | |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 6.0000 | 0.1200 | 14.81 | 1.78 | | |
| | | | | | | | 2.40 | | |
| Materiales | | | | | | | | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | | m3 | | 0.1300 | 41.27 | 5.37 | | |
| | | | | | | | 5.37 | | |
| Equipos | | | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 2.40 | 0.07 | | |
| 03011000060 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101- | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 152.31 | 3.05 | | |
| 03011000060 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58- | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 132.14 | 2.64 | | |
| 03012000010 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 115.20 | 2.30 | | |
| 03012200050 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 | | hm | 1.0000 | 0.0200 | 141.13 | 2.82 | | |
| | | | | | | | 10.88 | | |

| Partida | 03.01 EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | | | | | |
|---------------------|--|----------|-----------|----------|---------------------------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 7.16 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0178 | 14.81 | 0.26 |
| | | | | | | 0.47 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.47 | 0.02 |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 |
| | | | | | | 4.78 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010305010107 | TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA | m3 | | 0.1700 | 11.21 | 1.91 |
| | | | | | | 1.91 |

| Partida | 03.02 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 4cm | | | | | |
|---------------------|--|----------|-----------|----------|---------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 360.0000 | EQ. | 360.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 19.48 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0222 | 23.13 | 0.51 |
| | | | | | | 0.51 |
| Materiales | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.0450 | 50.49 | 2.27 |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.0390 | 35.29 | 1.38 |
| 0207020002 | FILLER | kg | | 3.3000 | 0.49 | 1.62 |
| 02130100060001 | CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | gal | | 1.0000 | 6.01 | 6.01 |
| | | | | | | 11.28 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.51 | 0.02 |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 0.5500 | 0.0122 | 160.28 | 1.96 |
| 03013900030001 | PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h | hm | 0.5500 | 0.0122 | 335.00 | 4.09 |
| 0301400003 | SECADORA DE ÁRIDOS | hm | 0.5500 | 0.0122 | 132.83 | 1.62 |
| | | | | | | 7.69 |

| Partida | 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | | | | |
|---------------------|--|---|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,800.0000 | EQ. | 1,800.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 2.64 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0044 | 23.13 | 0.10 |
| 0101010004 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0044 | 16.47 | 0.07 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 6.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| 01010100060001 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO | | hh | 3.0000 | 0.0133 | 20.93 | 0.28 |
| | | | | | | | 0.85 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 5.0000 | 0.85 | 0.04 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8- 10TN 58-70HP | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03011000060006 | RODIL NEUMT. AUTO P5.5-20TN 81-100HP | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03013900020002 | PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 133.71 | 0.59 |
| | | | | | | | 1.79 |

| Partida | 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | | | | | |
|---------------------|---|------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,200.0000 | EQ. | 1,200.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 10.95 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.5000 | 0.0033 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010003 | OPERARIO | | hh | 1.0000 | 0.0067 | 20.07 | 0.13 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 4.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| | | | | | | | 0.61 |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 |
| | | | | | | | 8.00 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 0.61 | 0.02 |
| 03011400060003 | COMPRESORA NEUMÁTICA 250 - 330 PCM - 87 HP | | hm | 1.0000 | 0.0067 | 35.56 | 0.24 |
| 03012200080002 | CAMIÓN IMPRIMADOR 6X2 178- 210 HP 1,800 gl | | hm | 1.0000 | 0.0067 | 118.34 | 0.79 |
| 03013900050001 | BARREDORA MECÁNICA 10-20 HP 7 P.LONG. | | hm | 4.0000 | 0.0267 | 48.24 | 1.29 |
| | | | | | | | 2.34 |

| Partida | 03.05 | | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------|--|----------|---------------------------------|-------------|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 230.0000 | EQ. | 230.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 1.14 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.1000 | 0.0035 | 23.13 | 0.08 | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0696 | 14.81 | 1.03 | |
| | | | | | | 1.11 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 1.11 | 0.03 | |
| | | | | | | 0.03 | |

| Partida | 03.06 | | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | |
|---------------------|--|---------|-----------------------------------|----------|---------------------------------|--------------|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 216.000 | EQ. | 216.000 | Costo unitario directo por : m2 | 12.83 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 2.0000 | 0.0741 | 14.81 | 1.10 | |
| | | | | | | 1.10 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 1.10 | 0.06 | |
| 030117000200 | RETROEXCAVADORA SOBRE LANTAS 80-110HP 0.50-1.3YD3 | hm | 2.0000 | 0.0741 | 140.00 | 10.37 | |
| 030122000400 | CAMIÓN VOLQUETE 4X2 140- 0 HP 6M3 | hm | 0.2500 | 0.0093 | 140.00 | 1.30 | |
| | | | | | | 11.73 | |

Presupuesto

| Presupuesto | 1001002 | | AV. LAS AMÉRICAS | | | |
|--|---|------|-----------------------|------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 001 | | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | |
| Cliente | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | Costo al | | 29/06/2017 | |
| Lugar | LA LIBERTAD - TRUJILLO - LA ESPERANZA | | | | | |
| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. | |
| 01 | BASE | | | | 26.65 | |
| 01.01 | BASE TRATADA 22 cm | m2 | 1.00 | 26.65 | 26.65 | |
| 02 | SUB BASE | | | | 18.65 | |
| 02.01 | SUB BASE 15 cm | m2 | 1.00 | 18.65 | 18.65 | |
| 03 | PAVIMENTOS | | | | 54.20 | |
| 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | m2 | 1.00 | 7.16 | 7.16 | |
| 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 4cm | m2 | 1.00 | 19.48 | 19.48 | |
| 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | m2 | 1.00 | 2.64 | 2.64 | |
| 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 10.95 | 10.95 | |
| 03.05 | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.14 | 1.14 | |
| 03.06 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m2 | 1.00 | 12.83 | 12.83 | |
| Costo Directo | | | | | 99.50 | |
| SON : NOVENTA Y NUEVE Y 50/100 NUEVOS SOLES | | | | | | |

• Para la Av. 7 de Julio

| Presupuesto | 1001002 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | Fecha | | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------|------------------------------------|-------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 001 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | | presupuesto | 29/06/2017 | |
| Partida | 01.01 | BASE TRATADA 25 cm | | | | | |
| Rendimiento | m2/DÍA | 500.0000 | EQ. 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 31.58 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0160 | 23.13 | 0.37 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0160 | 16.47 | 0.26 | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 8.0000 | 0.1280 | 14.81 | 1.90 | |
| | | | | | | 2.53 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | | 1.5000 | 8.00 | 12.00 | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | m3 | | 0.2000 | 41.27 | 8.25 | |
| | | | | | | 20.25 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 6.0000 | 2.53 | 0.15 | |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101- | hm | 1.0000 | 0.0160 | 152.31 | 2.44 | |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58- | hm | 1.0000 | 0.0160 | 132.14 | 2.11 | |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0160 | 115.20 | 1.84 | |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0160 | 141.13 | 2.26 | |
| | | | | | | 8.80 | |

| Partida | 01.01 | SUB BASE 15 cm | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|----------------|--------------|------------------------------------|------------|-------------|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 500.0000 | EQ. 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 19.58 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0160 | 23.13 | 0.37 | |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0160 | 16.47 | 0.26 | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 8.0000 | 0.1280 | 14.81 | 1.90 | |
| | | | | | | 2.53 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0207040001 | MATERIAL GRANULAR | m3 | | 0.2000 | 41.27 | 8.25 | |
| | | | | | | 8.25 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 6.0000 | 2.53 | 0.15 | |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101- | hm | 1.0000 | 0.0160 | 152.31 | 2.44 | |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58- | hm | 1.0000 | 0.0160 | 132.14 | 2.11 | |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0160 | 115.20 | 1.84 | |
| 03012200050001 | CAMIÓN CISTERNA (2,500 GLNS.) | hm | 1.0000 | 0.0160 | 141.13 | 2.26 | |
| | | | | | | 8.80 | |

| Partida | 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | | | | | |
|---------------------|---|---|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 450.0000 | EQ. | 450.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 7.16 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0089 | 23.13 | 0.21 | |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 1.0000 | 0.0178 | 14.81 | 0.26 | |
| | | | | | | 0.47 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.47 | 0.02 | |
| 03011000060004 | RODIL LISO VIBRAT. AUTP10-12TN-101-135HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 152.31 | 2.71 | |
| 03012000010001 | MOTONIVELADORA 130 - 135 HP | hm | 1.0000 | 0.0178 | 115.20 | 2.05 | |
| | | | | | | 4.78 | |
| Subpartidas | | | | | | | |
| 010305010107 | TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA | m3 | | 0.1700 | 11.21 | 1.91 | |
| | | | | | | 1.91 | |

| Partida | 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 8cm | | | | | |
|---------------------|---|---|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Rendimiento | m2/DÍA | 500.0000 | EQ. | 500.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 37.64 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0160 | 23.13 | 0.37 | |
| | | | | | | 0.37 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 02070100010002 | PIEDRA CHANCADA 1/2" | m3 | | 0.0450 | 50.49 | 22.57 | |
| 02070200010002 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.0390 | 35.29 | 1.38 | |
| 0207020002 | FILLER | kg | | 3.3000 | 0.49 | 1.62 | |
| 02130100060001 | CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | gal | | 1.0000 | 6.01 | 6.01 | |
| | | | | | | 31.73 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.37 | 0.01 | |
| 03011600010003 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3 | hm | 0.5500 | 0.0088 | 160.28 | 1.41 | |
| 03013900030001 | PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h | hm | 0.5500 | 0.0088 | 335.00 | 2.95 | |
| 0301400003 | SECADORA DE ÁRIDOS | hm | 0.5500 | 0.0088 | 132.83 | 1.17 | |
| | | | | | | 5.54 | |

| Partida | 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | | | |
|---------------------|---|---|-----------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,800.0000 | EQ. 1,800.0000 | Costo unit. directo por : m2 | 2.64 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0044 | 23.13 | 0.10 |
| 0101010004 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0044 | 16.47 | 0.07 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 6.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| 01010100060001 | OPERADOR DE EQUIPO PESADO | hh | 3.0000 | 0.0133 | 20.93 | 0.28 |
| | | | | | | 0.85 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 5.0000 | 0.85 | 0.04 |
| 03011000060005 | RODIL TAND. ESTAT AUTO P8-10TN 58-70HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03011000060006 | RODIL NEUMT. AUTO P5.5-20TN 81-100HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 132.14 | 0.58 |
| 03013900020002 | PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | hm | 1.0000 | 0.0044 | 133.71 | 0.59 |
| | | | | | | 1.79 |

| Partida | 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|--|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 1,200.0000 | EQ. 1,200.0000 | Costo unit. directo por : m2 | 10.95 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | hh | 0.5000 | 0.0033 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010003 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0067 | 20.07 | 0.13 |
| 0101010005 | PEÓN | hh | 4.0000 | 0.0267 | 14.81 | 0.40 |
| | | | | | | 0.61 |
| Materiales | | | | | | |
| 02010500010003 | ASFALTO LIQUIDO MC-30 | gal | | 1.0000 | 8.00 | 8.00 |
| | | | | | | 8.00 |
| Equipos | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 0.61 | 0.02 |
| 03011400060003 | COMPRESORA NEUMÁTICA 250 - 330 PCM - 87 HP | hm | 1.0000 | 0.0067 | 35.56 | 0.24 |
| 03012200080002 | CAMIÓN IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl | hm | 1.0000 | 0.0067 | 118.34 | 0.79 |
| 03013900050001 | BARREDORA MECÁNICA 10-20 HP 7 P.LONG. | hm | 4.0000 | 0.0267 | 48.24 | 1.29 |
| | | | | | | 2.34 |

| Partida | 03.05 | | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------|---|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | 230.0000 | EQ. | 230.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 1.14 | |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010002 | CAPATAZ | | hh | 0.1000 | 0.0035 | 23.13 | 0.08 |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 2.0000 | 0.0696 | 14.81 | 1.03 |
| | | | | | | | 1.11 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | %mo | | 3.0000 | 1.11 | 0.03 |
| | | | | | | | 0.03 |

| Partida | 03.06 | | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | | | | |
|---------------------|--|--|--|-----------|-----------------|------------------------------|--------------|
| Rendimiento | m2/DÍA | | | EQ. | 216.0000 | Costo unit. directo por : m2 | 12.83 |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010005 | PEÓN | | hh | 2.0000 | 0.0741 | 14.81 | 1.10 |
| | | | | | | | 1.10 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0301010006 | HERRAMIENTAS MANUALES | | | | 5.0000 | 1.10 | 0.06 |
| 0301170002000 | RETROEXCAVADORA SOBRE CANTAS 80-110HP 0.50-1.3YD3 | | hm | 2.0000 | 0.0741 | 140.00 | 10.37 |
| 0301220004000 | CAMIÓN VOLQUETE 4X2 140- 0 HP 6M3 | | hm | 0.2500 | 0.0093 | 140.00 | 1.30 |
| | | | | | | | 11.73 |

Presupuesto

| | | | | | |
|----------------|---------------------------------------|-----------------------|--|----------|------------|
| Presupuesto | 1001002 | AV. 7 DE JULIO | | | |
| Subpresupuesto | 001 | PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO | | | |
| Cliente | UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO | | | Costo al | 29/06/2017 |
| Lugar | LA LIBERTAD - TRUJILLO - LA ESPERANZA | | | | |

| Ítem | Descripción | Und. | Metrado | Precio S/. | Parcial S/. |
|-------|--|------|---------|------------|---------------|
| 01 | BASE | | | | 31.58 |
| 01.01 | BASE TRATADA 25 cm | m2 | 1.00 | 31.58 | 31.58 |
| 02 | SUB BASE | | | | 19.58 |
| 02.01 | SUB BASE 15 cm | | | 19.58 | 19.58 |
| 03 | PAVIMENTOS | | | | 72.36 |
| 03.01 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE TRATADA | m2 | 1.00 | 7.16 | 7.16 |
| 03.02 | CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 8cm | m2 | 1.00 | 37.64 | 37.64 |
| 03.03 | EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | m2 | 1.00 | 2.64 | 2.64 |
| 03.04 | IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 10.95 | 10.95 |
| 03.05 | BARRIDO Y LIMPIEZA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | m2 | 1.00 | 1.14 | 1.14 |
| 02.06 | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE | m2 | 1.00 | 12.83 | 12.83 |
| | Costo Directo | | | | 123.52 |
| | SON : CIENTO VEINTITRES Y 52/100 NUEVOS SOLES | | | | |

5.6.1. Resultados

- Se observa que el pavimento semirrígido es el más adecuado, sus dimensiones son menores al del flexible, esto se debe a la base tratada que tiene el diseño.

CAPITULO VI:
DISCUSION DE RESULTADOS

CAPITULO VI: DISCUSION DE RESULTADOS

Realizar Estudio de Tráfico y Estudio de Mecánica de Suelos.

El estudio de tráfico se realizó por un periodo de 5 días, los datos fueron recogidos en calles y avenidas del área de estudio, el cual nos arrojó diferentes resultados de ESAL. Para la Av. 7 de Julio $1.32E+07$ EE, la Av. Las Américas $2.01E+06$ EE, la calle Pucara $1.34E+06$ EE, y para la calle El Progreso $7.53+05$ EE, por un periodo de diseño de 20 años; en base a ello se realizaron diferentes propuestas de diseño.

Determinar parámetros de diseño para pavimentos flexibles y semirrígidos según su metodología.

Como parámetro de diseño se tomó en cuenta un periodo de 20 años, el cual se encuentra indicado en el “Manual de carreteras Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014”, a partir de este dato podemos determinar los espesores de las diferentes capas, y así obtener el diseño más adecuado.

Realizar el análisis comparativo entre las metodologías de diseño de pavimento flexible y semirrígido.

A partir de los valores encontrados en el (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014), se diseñan dos alternativas diferentes con el objetivo de obtener espesores menores a las que se indican en el manual. De este modo esperamos alcanzar un presupuesto menor que sea viable para el proyecto.

Determinar cuál es el diseño más adecuado técnica y económicamente, para la zona de estudio.

Una vez diseñados las dos diferentes alternativas con dimensiones viables y presupuesto adecuado se procede a verificar cuál de ellos, es el más óptimo para el proyecto.

En nuestro proyecto el diseño más óptimo es el pavimento semirrígido, la razón principal es la durabilidad que este ofrece, debido que contará con una base tratada con asfalto, esto mejorar su vida útil.

CONCLUSIONES

- En el estudio de tráfico realizado, se tomó 5 días calendario y como periodo de diseño de 20 años lo cual se obtuvo los siguientes valores.

Resumen del total de repeticiones

| VIAS | AV. 7 DE JULIO | AV. LAS AMÉRICAS | Calle. PUCARA | Calle. PROGRESO |
|----------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| AÑO 2036 | 13 245651.48 EE | 2 014 266.79 EE | 1 325 294.61 EE | 735 137.43 EE |

- Del Estudio de Mecánica de suelo, se obtuvo que el material de la sub rasante era una arena pobremente graduada (SP) según SUCS o A-1-b (0) según AASHTO.
- Para evitar el sobre costo en la capa de rodadura, dividimos la sección con la finalidad de agrupar sub sectores con valores de CBR similares (C1=12.80% y C4=12.60%) y (C2=14.30%, y C3=16.50%), de estos dos grupos obtendremos el valor promedio en cada una de ellas.
- Del estudio de canteras, concluimos que la cantera cumple las especificaciones tanto para base como sub base, para el proceso constructivo. Se puede verificar en los cuadros contenidos en la ficha técnica de la Cantera “El Milagro”, que el CBR del material que proporciona para la base y sub base es del 80% Min. y 40% Min. respectivamente.

Basándonos en esta información asumiremos como CBR FINAL de la base, un valor mayor al 80 % Min. debido que a este material se la añadirá un tratamiento con asfalto, lo cual aumenta este valor.

- Del parámetro de diseño, se realizó las cargas de tráfico vehicular en el cual se analizó el tipo de tráfico, su rango y características de la sub rasante sobre lo que se asienta el pavimento.

- Después de haber realizado el análisis respectivo, se determinó que la alternativa más económica es el pavimento semirrígido con los espesores y precios mencionados en el siguiente cuadro:

| Vía | SNR (req) | SNR (Calc) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | Precio S/. | Precio total S/. |
|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Av. 7 Julio | 4.155 | 4.24 | 7 | 25 | 15 | 88.80 | 123.52 |
| Av. Las América | 2.975 | 3.21 | 4 | 22 | 15 | 64.78 | 99.50 |
| Calle El Progreso | 2.471 | 2.64 | 2 | 20 | 15 | 58.23 | 99.43 |
| Calle Pucara | 2.862 | 3.22 | 2 | 25 | 15 | 60.52 | 95.38 |

- Del diseño concluimos indicando, que el pavimento semirrígido es la alternativa más adecuada para la zona de estudio, con los siguientes espesores:

| Vía | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Av. 7 Julio | 7 | 25 | 15 |
| Av. Las América | 4 | 22 | 15 |
| Calle El Progreso | 2 | 20 | 15 |
| Calle Pucara | 2 | 25 | 15 |

RECOMENDACIONES

- Para obtener un análisis completo del estudio comparativo de costos realizado en el presente trabajo, deberá tomarse en cuenta, la ejecución, y mantenimiento, para ambos pavimentos.
- Hablar de qué tan económico resulta un pavimento respecto al otro, es muy relativo, ya que si se toma en cuenta el costo total, el cual incluye la inversión inicial más el mantenimiento, no se obtendrá una alternativa definitiva. Por lo tanto, dependerá de las autoridades respectivas tomar la decisión acerca del tipo de pavimento a emplear en un proyecto determinado, contando con los fondos y financiamiento necesarios.
- Los dos sistemas de pavimento tienen virtudes considerables que pueden ser bien aprovechadas, cada diseño debe ser analizado a conciencia para determinar cuál es la mejor opción, haciendo un análisis cuidadoso de todos los factores que intervienen. Desde las condiciones del entorno, el proyecto geométrico, los estudios de ingeniería de tránsito, geo-técnicos, de drenaje y subdrenaje, la disponibilidad de materiales y equipo de construcción.
- Los dos diseños de pavimentos, tienen sus propios parámetros por lo cual cada diseño debe ser analizado cuidadosamente para así determinar la mejor opción. se tendrá en cuenta desde el estudio de tráfico y de suelos.

REFERENCIAS

- Arakaki, K. K. (2014). Diseño de los Pavimentos de La Nueva Carretera . Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú
- David, R. A. (2013). Bases Estabilizadas con Emulsión Asfáltica para Pavimentos. Quito, Ecuador.
- Huang, Y. (2004). Pavement Analysis And Design. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.
- Ing. Paola Quiroz; Ing German Huerta. (2015). Evaluación de Área Saturada de la Red Vial Metropolitana de Trujillo. Trujillo.
- Jorge Ernesto Corradine, Gilbert Alberto Espitia . (2015). Deterioro de una Base Estabilizada con Asfalto . Bogota, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas .
- Manual De Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014). Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2000). Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras Eg-2000.Segunda Edición.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). Obtenido de [Http://Transparencia.Mtc.Gob.Pe/Idm_Docs/Normas_Legales/1_0_21.Pdf](http://Transparencia.Mtc.Gob.Pe/Idm_Docs/Normas_Legales/1_0_21.Pdf).
- Montejo, A. (2006). Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño. Colombia: Universidad Católica De Colombia.
- Pautas Pavimentos. (2015). Pautas Metodologicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversion pública de carreteras. Perú: Ministerio De Economía y Finanzas.
- Pereda Rodriguez, Danfer Alfonso, Cubas Parimango, Nahum Octavio. (2015). Investigación De Los Asfaltos Modificados con el uso de Caucho Reciclado de Llantas y su comparación Técnico-Económico con los asfaltos convencionales. Trujillo, Libertad: Universidad Privada Antenor Orrego.

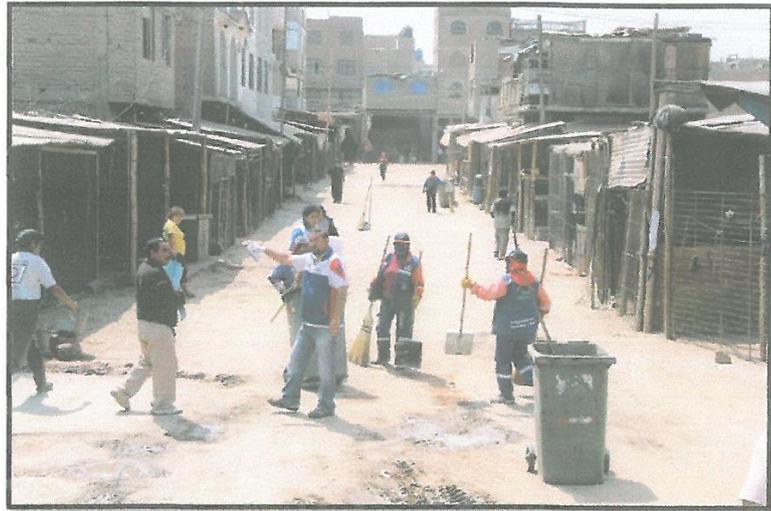
- Raquel, F. B. (2014). Análisis Comparativo de costos entre el Pavimento Rígido Y Pavimento Flexible. Quito – Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.
- Vallejos, S. J. (2014). Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Anillo Vial del Ovalo Grau. Trujillo , La Libertad: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Vasquéz, B. M. (2014). “Análisis Comparativo entre un Pavimento Rígido y un Pavimento Flexible Para La Ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, En La Comuna de Valdivia” . Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile.

ANEXOS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

ESTUDIO
O
D
I
O
G
E
O
T
E
C
N
I
C
O

*“Estudio Comparativo Del Diseño Del Pavimento Flexible
Y Semirrígido Con Carpeta Asfáltica Y Base Tratada, Para
Las Calles Del Mercado Nuevo Progreso Sector La
Hermelinda - Trujillo - La Libertad”*



Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Junio del 2017



Proyecto y Construcción de Obras Cíviles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

1. ENSAYOS DE LABORATORIO



Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
enriquegeo@hotmail.com



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD





Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
 enriquegeo@hotmail.com



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
✉ enriquegeo@hotmail.com



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

1.3. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)




Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
 enriquegeo@hotmail.com



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

1.4. PROCTOR MODIFICADO



Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
✉ enriquegeo@hotmail.com



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO




Enrique Francisco Lujan Silva
Ing. Civil - Ms Sc. Ing. Geotécnica
CIP 54460

Mz. 10 Lote 2 - Dpto 201 - Urb. Los Jardines del Golf - TRUJILLO
94 9946311 - 94 8420425 - # 335648
enriquegeo@hotmail.com

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen 1: Realizando el conteo de vehículos en la Av. 7 de julio.



Imagen 2: Realizando el conteo de vehículos en la Av. Las Américas.



Imagen 3: calles en mal estado.



Imagen 4: calles en mal estado.



Imagen 5: vehículos que contamina con el polvo.



Imagen 6: Buzones en mal estado expuestos en medio de la vía