



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO
CONSTRUCTIVO, ENTRE LOS PAVIMENTOS: FLEXIBLE Y
SEMIRRÍGIDO EN VÍAS URBANAS, DEL DISTRITO DE LA
BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN
MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Joel Padilla Maldonado

AUTORES:

PAREDES CHILCÓN, Keiko Tamara

SALDAÑA ALVA, Michael

**TARAPOTO – PERÚ
2021**

DEDICATORIA

A mis padres quienes me formaron con buenas bases, a mis hermanos quienes estuvieron conmigo siempre y me alentaron a seguir y a familia por la confianza que tuvieron en mi persona, por sus consejos y apoyo incondicional que tuvieron siempre para seguir con el objetivo, alcanzar mis metas y hacer de mí una mejor persona.

Keiko Tamara Paredes Chilcón

A cada una de las personas que han aportado grandes cosas en mi vida y que me sirvieron como base en mi formación profesional, en especial a mi madre por ser mi soporte constante, mi guía y mi motivo a seguir esforzándome cada día en cumplir mis objetivos trazados.

Michael Saldaña Alva

AGRADECIMIENTO

Me dirijo agradeciendo a Dios por brindarme vida y salud, a mis padres quienes me formaron con buenos valores y me motivaron física y moralmente a lograr este objetivo; a los docentes quienes me transmitieron su conocimiento, experiencias y resolvieron todas mis dudas durante mi vida universitaria.

Keiko Tamara Paredes Chilcón

A mi familia por sus consejos e inculcarme siempre a defender mis principios e ideales.

A mi madre por su arduo trabajo, sacrificio, apoyo incondicional y dedicación reflejados en mí e impulsarme a cumplir siempre mis sueños y metas. Gracias por ser los principales benefactores del desarrollo de esta tesis.

Michael Saldaña Alva

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

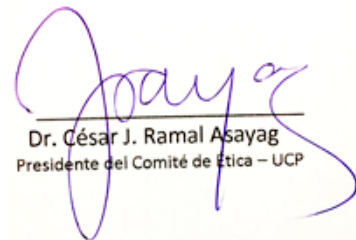
La Tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO,
ENTRE LOS PAVIMENTOS: FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO EN VÍAS URBANAS, DEL
DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
SAN MARTÍN”**

De los alumnos: **PAREDES CHILCÓN KEIKO TAMARA Y SALDAÑA ALVA
MICHAEL**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la
revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **17% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 24 de marzo del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_KEIKOPAREDES_MICHAELSALDAÑA
(D99484626)
Submitted: 3/24/2021 3:43:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 17 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERIACIVIL_2020_T_IVANABAD_MARTHATORRES_V1.pdf (D79258831)
DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA LOS LAURELES - EL COROCITO DE LA PARROQUIA
NOBOA CANTÓN 24 DE MAYO .pdf (D35125040)
11-04-20 Vilchez Olivera - TESIS.pdf (D68129501)
ZUÑIGA-CHEPE-INVESTIGACIONII-ICIVIL2018IUSS-.docx (D40559848)
845 - sheneh alejos, jaimé pablo.pdf (D33814624)
proyecto.docx (D31513338)
TESIS CEVALLOS PAREDES - VARGAS VERGARA 5OCT.docx (D22203063)
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmficib957a/doc/bmficib957a.pdf>
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>
<https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/EVALUACIO%CC%81N-Y-REHABILITACIO%CC%81N-DE-PAVIMENTOS-FLEXIBLES-POR-EL-ME%CC%81TODO-DEL-RECICLAJE-min.pdf>
<https://repositorio.unan.edu.ni/1356/1/73956.pdf>
<https://docplayer.es/10219357-Universidad-central-del-ecuador.html>
<http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/5410/1/>
RE_ING.CIVIL_MARIA.GALLARDO_MANUEL.PESCORAN_DISE%C3%
91O.ESTRUCTURAL_DATOS.PDF

Instances where selected sources appear:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **N° 388-2020-UCP-FCEI** del 21 de octubre de 2020, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día 24 de abril del 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO, ENTRE LOS PAVIMENTOS: FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO EN VÍAS URBANAS, DEL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”.**

Presentado por los sustentantes:

KEIKO TAMARA PAREDES CHILCON y MICHAEL SALDAÑA ALVA

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: ABSUELTAS

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE QUINCE (15).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



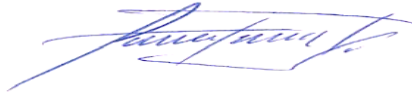
Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 24 de abril a las 6:00 p.m. del 2021.



M.Sc. Ing. CALEB RIOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO
ASESOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
APROBACIÓN	iii
RESUMEN	1
ABSTRAC	2
1. INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	4
1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:	4
1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:	6
1.2. BASES TEÓRICAS:	9
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	31
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
2.2.1. PROBLEMA GENERAL	32
2.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	32
2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.3.1. OBJETIVO GENERAL	33
2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
2.4. HIPÓTESIS	33
2.5. VARIABLES	34
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	34
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	35
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.2.1. POBLACIÓN	35
3.2.2. MUESTRA	35
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36

3.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	37
3.1. RESULTADOS.....	37
3.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO	37
3.1.2. ESTUDIO DE LA MECÁNICA DE SUELOS.....	39
3.1.3. CANTERAS Y FUENTES DE AGUA.....	56
3.1.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	62
3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
3.2.1. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASHTO 93 73	
3.2.2. COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR).....	77
3.2.3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (SO)	79
3.2.4. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)	79
3.2.5. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).....	83
3.2.6. COEFICIENTE DE DRENAJE	87
3.2.7. CÁLCULO DE LOS ESPESORES	88
3.2.3. DISEÑO DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO.....	92
3.3. PRESUPUESTO	95
3.3.1. PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE.....	95
3.3.2. PRESUPUESTO PAVIMENTO SEMIRRIGIDO	97
3.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN	99
3.4.1. TIEMPO DE EJECUCIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE	99
3.4.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN PAVIMENTO RÍGIDO.....	100
3.5. RESULTADOS OBTENIDOS.....	101
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
4.1. CONCLUSIONES	107
4.2. RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sección típica de un pavimento.....	10
Ilustración 2: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO	26
Ilustración 3: CATEGORIA DE SUB RASANTE	29
Ilustración 4: Plano ubicación de Calicatas.....	40
Ilustración 5: FACTOR DE CRECIMIENTO	66
Ilustración 6: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	68
Ilustración 7: ECUACIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	74
Ilustración 8: ECUACIÓN QUE RELACIONA AL NÚMERO ESTRUCTURAL CON LOS ESPESORES DE LA CAPA	75
Ilustración 9: METODO DE DISEÑO GENERAL DE LA AASHTO 93	76
Ilustración 10: Monograma para Pavimento Flexible	83
Ilustración 11: SECCIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	91
Ilustración 12: SECCIÓN PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	94
Ilustración 13: PROGRAMACIÓN DE OBRA PAVIMENTO FLEXIBLE ...	99
Ilustración 14: PROGRAMACIÓN DE OBRA PAVIMENTO SIMIRRIGIDO	100
Ilustración 15: Comparación de Costos	105
Ilustración 16: Comparación de Plazos de Ejecución	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: ESPESORES MINIMOS SUGERIDOS.....	21
Tabla 2: CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS	25
Tabla 3: Ubicación De Calicatas.....	41
Tabla 4: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CALICATAS	42
Tabla 5: CBR DE LA SUB RASANTE.....	50
Tabla 6: CARACTERISTICAS FISICAS DE RESISTENCIA.....	51
Tabla 7: RESULTADOS DE SUB BASE	56
Tabla 8: CLASIFICACION DEL MATERIAL.....	59
Tabla 9: REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS.....	60
Tabla 10: UBICACIÓN DE CANTERAS.....	61
Tabla 11: FUENTES DE AGUA	62
Tabla 12: CLASIFICACIÓN PARA DISEÑO	65
Tabla 13: TASA DE CRECIMIENTO.....	65
Tabla 14: CONFIGURACIÓN DE EJES.....	66
Tabla 15: NUMERO DE EJES EQUIVALENTES.....	67
Tabla 16: NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO “SN”.....	68
Tabla 17: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS ..	69
Tabla 18 RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS	70
Tabla 19: FACTOR CAMIÓN C2 Y C3 PARA PAVIMENTOS	70
Tabla 20: FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (FP) PARA EJES EQUIVALENTES (EE).....	71
Tabla 21: NÚMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2TN, EN EL CARRIL DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRIGIDO.....	72
Tabla 22: VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	77

Tabla 23: COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR) PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN EL NIVEL DE CONFIABILIDAD SELECCIONADO Y EL RANGO DE TRÁFICO	78
Tabla 24: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	80
Tabla 25: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	81
Tabla 26: DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	82
Tabla 27: CATÁLOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRÁFICO Y DE SUB RASANTE, CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE + BASE GRANULAR + SUB BASE GRANULAR	84
Tabla 28: COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO α_1	85
Tabla 29: VALORES RECOMENDADOS DEL COEFICIENTE DE DRENAJE MI	88
Tabla 30: VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR.....	88
Tabla 31: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE	90
Tabla 32: VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS ..	92
Tabla 33: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE GRANULAR PERÍODO DE DISEÑO 15 AÑOS.....	93
Tabla 34: CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE	95
Tabla 35: CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA CON SEMIRRIGIDO	97
Tabla 36: NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN	101
Tabla 37: RESUMEN CARACTERÍSTICAS DEL SUB - RASANTE	102

Tabla 38: CUADRO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS.....	103
Tabla 39: SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS TRES TIPOS DE PAVIMENTOS	104
Tabla 40: CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO – ECONÓMICO.....	105
Tabla 41: CUADRO COMPARATIVO FINANCIERO	108
Tabla 42: CUADRO COMPARATIVO TIEMPO DE EJECUCIÓN.....	109
Tabla 43: CUADRO RESUMEN DE ESPESORES DE LOS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS	109
Tabla 44: CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO-FINANCIERO.....	110

RESUMEN

En el presente proyecto de tesis denominado **Evaluación del Tiempo y Costo en el Proceso Constructivo, entre los Pavimentos: Flexible y Semirrígido en Vías Urbanas, del Distrito De La Banda de Shilcayo, Provincia y Departamento de San Martín**; este estudio tiene como finalidad hacer un comparativo entre el tiempo ejecutado en un proyecto de pavimentación y costo por metro cuadrado, que se obtendrá al costear dichas propuestas entre las alternativas de estudio seleccionadas.

Basándose en el comportamiento que tienen cada una de estos, partiendo de la base de que las dos alternativas, son soluciones satisfactorias para el proyecto de pavimentación y centrado el análisis en dos factores preponderantes; Por un lado, el factor económico, en el cual está involucrado el valor inicial de cada alternativa, junto con el de conservación y rehabilitación de estos durante un ciclo de vida determinada. Por otro lado, se expone el factor funcional, mediante el cual se verifica cuál de los dos pavimentos es el más apropiado.

El proyecto se basa en una investigación descriptiva, presentando las características de los pavimentos flexibles y semirrígido, así como sus análisis de costo, sus ventajas y desventajas, siendo el principal método de trabajo, la recolección de datos, esto nos permitirá identificar cuál de las alternativas se ejecutará en el menor tiempo y la más económica, lo cual permitirá a las autoridades y proyectistas decidir por una de las alternativas estudiadas para la ejecución de los diferentes proyectos.

Palabras Claves: Pavimento Flexible y Semirrígido.

ABSTRACT

In this thesis project called Evaluation of Time and Cost in the Construction Process, between Pavements: Flexible and Semi-rigid in Urban Roads, of the District of La Banda de Shilcayo, Province and Department of San Martín; The purpose of this study is to make a comparison between the time taken in a paving project and the cost per square meter, which will be obtained by paying for said proposals among the selected study alternatives.

Based on the behavior of each of these, starting from the basis that the two alternatives are satisfactory solutions for the paving project and the analysis focused on two preponderant factors; On the one hand, the economic factor, in which the initial value of each alternative is involved, together with the conservation and rehabilitation of these during a determined life cycle. On the other hand, the functional factor is exposed, by which it is verified which of the two pavements is the most appropriate.

The project is based on a descriptive research, presenting the characteristics of flexible and semi-rigid pavements, as well as their cost analysis, their advantages and disadvantages, being the main work method, data collection, this will allow us to identify which of the Alternatives will be executed in the shortest time and the most economical, which will allow the authorities and designers to decide on one of the alternatives studied for the execution of the different projects.

Keywords: Flexible and Semi-rigid Pavements.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de titulación se presentan dos métodos aplicados a la construcción de carreteras; teniéndose, por un lado, el pavimento a base de asfalto conocido también como pavimento flexible, debido a su comportamiento ante las cargas ocasionadas por los vehículos que lo transitan. Dicho comportamiento se presenta de un modo plástico. Por otro lado, se tiene el pavimento semirrígido. Siendo estos dos métodos constructivos vitales para la realización de una carretera, se considera de mucha importancia realizar un análisis comparativo de costos entre los mismos; deduciéndose de dicha comparación la conveniencia de la realización de un proyecto determinado, aplicando uno de los dos procesos constructivos mencionados anteriormente.

Inicialmente se realiza una breve introducción sobre cada uno de los dos tipos de pavimentos tratados en el presente trabajo de investigación, haciendo mención de la función del pavimento y los diferentes elementos estructurales que lo conforman. Seguidamente se entra en detalle respecto a los procesos de diseño, ejecución y mantenimiento de cada uno de los pavimentos y finalizando con un análisis comparativo de diseño y costos donde se llega a las conclusiones respecto a la conveniencia del uso de cada tipo de pavimento, dependiendo de las condiciones del proyecto y los costos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Habiendo realizado una pesquisa bibliográfica a nivel internacional y nacional vía web, se encontró información relevante relacionada al tema de la investigación del cual se destaca los siguiente:

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

BRUNO MILTON BURGOS VASQUÉZ. En su trabajo de investigación titulado: “**Análisis Comparativo entre un Pavimento Rígido y un Pavimento Flexible para la ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal**, En La Comuna de Valdivia”, de la Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile -2014, quienes llegaron entre otras a las siguientes conclusiones:

- La construcción de pavimentos, ya sea vía principal, colectora, troncal o de servicio es de gran importancia para la comunidad, debido al impulso económico que genera, tanto a nivel regional como nacional. Cabe destacar, que, en caso de la Región de Los Ríos, los pavimentos aportan a la conectividad ya que beneficia a las principales actividades comerciales como los son la actividad forestal y agropecuaria. En este trabajo de titulación se expone el proceso constructivo del pavimento flexible y del rígido, el cual comprende varias etapas, como lo son: diseño, ejecución y mantenimiento de los mismos; así como las diferentes aplicaciones que poseen, en base a las normas y especificaciones vigentes para su construcción.
- Cabe destacar que el análisis del diseño de ambas alternativas se realizó mediante el software PAVIVIAL, que nos entregó los valores de las capas necesarios para determinar el costo de cada una de las alternativas. Posteriormente, con la aplicación del modelo HDM-III que proyecta el costo de conservación en período de 10 años para la ruta en la que se trabaja.

Además, tenemos tesis de los autores ANTONIO BECERRIL VALENCIA Y DIEGO IVÁN MIRANDA BECERRIL. En su trabajo de investigación titulado: **“Procedimiento Constructivo de Pavimentos Flexibles en la Carretera: Barranca Larga en el Estado de Oaxaca”**, de la Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. -2016, quienes llegaron entre otras a las siguientes conclusiones:

Es enriquecedor y de suma importancia para engrandecer el conocimiento que el procedimiento constructivo aplicado a los pavimentos flexibles en la carretera Barranca Larga-Ventanilla ofrece, ya que este es un proyecto ambicioso que pretende dar comunicación y comodidad a la población en las distintas regiones donde recorre del estado de Oaxaca, en este se observa un procedimiento convencional seguido a la aplicación de normas, técnicas y pruebas de laboratorio establecidas por la STC, las cuales nos ayudan a comprender de mejor manera los requerimientos y características necesarios para el aprovechamiento de materiales con la cual se planificó la construcción de la misma. Cabe destacar que existen tácticas complejas para el desarrollo de proyectos carreteros hoy en día y que para este caso comprendió técnicas constructivas de años anteriores con las cuales se ha desarrollado gran parte de la infraestructura carretera del país, pero que han reflejado resultados satisfactorios, y esta no es una excepción, por lo que a nuestro parecer fue una opción viable en todos los aspectos constructivos de la misma; específicamente en pavimentos flexibles estos comprenden características físicas y estructurales que resultan en una mejor selección del material, elaboración del asfalto, tendido, colocación, compactación y costos más factibles para el proyecto, basándose en un diseño exhaustivo aceptado mediante normas y pruebas de laboratorio con los cuales se trabajó en la elaboración de los mismos y que reflejan un objetivo en común de todas estas actividades.

Con referencia a nuestro tema de investigación, tenemos una Tesis, del autor: Rafael Alejandro Torres Ziri3n, titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL PAVIMENTO FLEXIBLE Y EL PAVIMENTO SEMIRIGIDO. Guatemala, octubre de 2015 siguientes conclusiones:

Puede verse, en el análisis realizado, que el costo del pavimento flexible; en cuanto a ejecución se refiere. Para ello debe de tomarse en cuenta que se realizó la comparación tomando en consideración los mismos parámetros de diseño, en cuanto a cargas, tipo de sub rasante, especificaciones de materiales y tiempo. Hablando en sentido constructivo, ambos pavimentos cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a través de su vida útil; tomando en consideración que la ejecución de ambos conlleva un estricto control de calidad que garantice durabilidad y buen funcionamiento. Siendo indispensable, para que esto se cumpla, un apropiado programa de mantenimiento que garantice su conservación.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

MARCO ANTONIO CHAMBI CHAMBILLA y ROLANDO ISIDRO CHAGUA. En su trabajo de investigación titulado: “**Estudio Comparativo Técnico-Económico Entre Pavimento Rígido y Pavimento Flexible Como Alternativa de Pavimentación de la Avenida Circunvalación Del Distrito De Yunguyo, Provincia de Yunguyo – Puno**”, de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú – 2017, quienes llegaron entre otras a las siguientes conclusiones:

Al realizar la comparación técnica de pavimento rígido y flexible usando las metodologías de diseño AASHTO 93 y Racional se puede afirmar que en los diseños obtenidos por la metodología racional (mecanísticos-empírico) se tiene espesores menores a las mismas condiciones de tráfico y suelo. Es muy importante recalcar que el buen

mantenimiento y diseño de estructuras de drenaje ayudará a cumplir su periodo de diseño. Al realizar la comparación técnica es muy necesario analizar las condiciones que ofrece la zona de estudio para construir una estructura de pavimento.

Al realizar la comparación económica aplicando la metodología Costo - Beneficio se concluye que la mejor alternativa de pavimento con la mejor rentabilidad es el pavimento flexible que fue diseñado por la metodología racional, es decir es efectivo al menor VAC (valor actual de costos).

Todo este conjunto de análisis técnico- económico permite finalmente conocer la alternativa más rentable y la que se ajusta a las condiciones de la zona del proyecto que se quiere plantear.

Para este proyecto de tesis se concluye que la alternativa más rentable en el tiempo es un pavimento flexible que fue diseñado con la metodología racional.

RAMÍREZ ROJAS WALTER DAVID y ZAVALETA ALVARADO ROGER JUNIOR. En su trabajo de investigación titulado: **“Estudio Comparativo del Diseño del Pavimento Rígido, Semirrígido con Adoquines de Concreto y Flexible para las Calles del Sector VI C- El Milagro- Trujillo- La Libertad”**, de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo –Perú – 2017, quienes llegaron entre otras a las siguientes conclusiones:

Se concluye que por temas económicos el pavimento flexible es el que mejor se ajusta a la zona de estudio, por lo tanto, dependerá de las autoridades respectivas tomar la decisión acerca de qué tipo de pavimento emplear.

Al realizar el estudio de tráfico se concluye que gran parte del flujo vehicular consta principalmente de mototaxis, autos y micros

posteriormente el número de repeticiones de ejes equivalentes para el diseño es de aproximadamente 3 millones.

Al realizar el estudio de mecánica de suelos se obtuvo un CBR= 49.70 por lo que se concluye el terreno posee una buena capacidad portante, y debido a esto el pavimento flexible ya no necesitaría de una sub base granular en su diseño.

Con respecto al levantamiento topográfico se determinó que su topografía es llana presentando pendiente longitudinal menor al 3%, demandando un mínimo movimiento de tierra, por lo que no presenta dificultades en su trazado.

1.2. BASES TEÓRICAS:

1.2.1 PAVIMENTO

El pavimento es la estructura que va sobre la superficie de la subrasante, el cual estará sujeta a soportar las diferentes cargas del paquete estructural, el cual es proyectado para soportar cargas externas en un tiempo establecido. El concepto que le da el usuario es que la pavimentación debe brindar seguridad, comodidad, y servicio de calidad para sus vehículos el cual influirá en la forma de vida de los individuos.

Un pavimento está construido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente a los agentes del intemperismo.
- Presentar una estructura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función a las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.

- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

1.2.2 COMPONENTES DE UN PAVIMENTO

En la figura siguiente se muestra esquemáticamente, los componentes principales de un pavimento asfáltico. Se puede considerar que la estructura de un pavimento está formada por una superestructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. En los pavimentos camineros, la superestructura está constituida por la capa de revestimiento y la capa base; la fundación está formada por las capas de sub - base y suelo compactado.

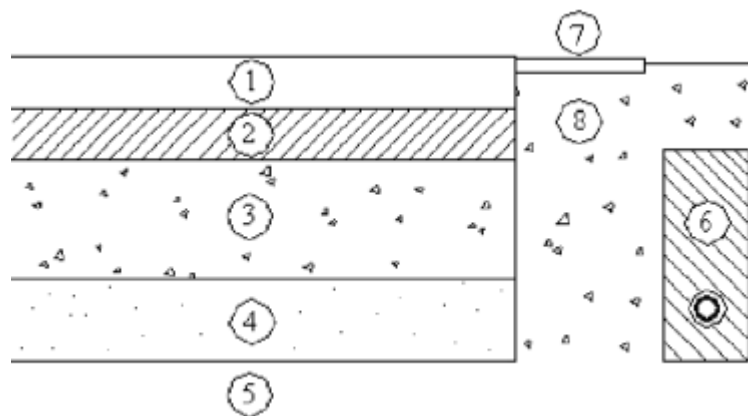


Ilustración 1: Sección típica de un pavimento.

1. Capa de Rodadura.
2. Capa Base.
3. Capa Sub - base.
4. Suelo Compactado.

5. Subrasante.
6. Sub - drenaje longitudinal.
7. Revestimiento de Hombreras.
8. Sub - base de Hombreras.



‘Esquema típico de un paquete estructural de un pavimento

1.2.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

Los pavimentos se diferencian y se definen en términos de los materiales de que están constituidos y de cómo se estructuran esos materiales y no por la forma en como distribuyen los esfuerzos y deformaciones producido por los vehículos a las capas inferiores, lo que quizá constituirá un criterio de clasificación más acertado. Los pavimentos se dividen en pavimentos Flexibles, pavimentos semi - rígidos, pavimentos rígidos y pavimentos híbrido o articulados.

1.2.3.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra.

Los firmes flexibles están formados por cemento asfáltico, que es un material cementante de color café oscuro o negro, de consistencia sólida o semisólida en que sus principales constituyentes son betunes o mezclas de hidrocarburos, que se presentan en la naturaleza como tales o se obtienen de la refinación del petróleo. Se dice que el asfalto

es un material bituminoso ya que contiene bitumen, es decir un hidrocarburo soluble en disulfuro de carbono.

Cuando se están efectuando las operaciones constructivas es necesario licuar temporalmente el cemento asfáltico, pero luego que ha sido colocado, retorna a sus condiciones naturales de cementante y agente impermeable que hacen estable y durable al pavimento.

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

En la siguiente figura se muestra un corte típico de un pavimento flexible:



También conocido como pavimento de asfalto es una estructura formada por varias capas como lo son la sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica.

1.2.3.1.1 FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Un pavimento flexible, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de

rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas, ser duradero y resistente a los agentes del intemperismo.

Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitarán y del volumen de tráfico.

Debe mostrar regularidad superficial transversal y longitudinal para comodidad de los usuarios en función de las longitudes de onda de deformaciones y velocidad de circulación.

1.2.3.1.2 SUB – RASANTE

Caracterización de la Sub rasante

La sub rasante se denomina al suelo que sirve de fundación para todo el paquete estructural del pavimento, es mucho más deformable que las demás capas que constituyen un pavimento, por tanto es necesario realizar estudios de las propiedades físicas (usadas para selección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad.) e ingenieriles (dan una estimación de la calidad de los materiales para caminos) con el propósito de poder conocer su capacidad de soporte o la resistencia a la deformación producida por los esfuerzos inducidos por el tránsito. De la calidad de la subrasante depende en gran medida del espesor del pavimento, además es muy importante considerar los cambios de volumen ya que ocasionarían daños en las estructuras que se apoyen en ésta.

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro. Las calicatas se

ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, sí se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía. En caso el tramo tenga una longitud entre 500 m y 1,000 m el número de calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro. Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas indicadas. **(Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, pág. 26).**

1.2.3.1.3 SUB - BASE GRANULAR

- **Función económica:** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica. En efecto el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuirlas capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esto trae consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante resulta más económica.
- **Capa de transición:** La sub base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la sub rasante la contaminen menoscabando su calidad.
- **Disminución de las deformaciones:** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en el contenido de agua

(expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas) pueden absorberse con la capa sub base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- **Resistencia:** La sub base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.
- **Drenaje:** En muchos casos la sub base debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

En un pavimento flexible, es puramente económica, buscando así obtener un espesor utilizando el material más barato posible. Podría construirse dicho espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, pero usualmente se hace aquella más delgada y se sustituye en parte por la sub base que es de menor calidad, trayendo como resultado un aumento en el espesor total del pavimento, pues es un hecho que cuando menor es la calidad del material utilizado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos. Otra función de la sub base es la de servir de transición entre la base y la sub rasante; ya que el material de la base es granular más o menos grueso y el de la sub base es más fino que le anterior, de esta manera sirve como filtro para evitar que el material de la base se incruste en la sub rasante. La sub base sirve también para absorber las deformaciones que provienen de la sub rasante y que pueden ser perjudiciales para el pavimento en general.

De las funciones mencionadas anteriormente, la estructural y la económica son las que más se proyectan en la construcción de pavimentos, el resto dependen de las circunstancias y de los materiales con los que se cuenta para la sub base. Generalmente las dos cualidades que se buscan en el material de sub base son: la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; teniendo cada una, en su razón de ser, la importancia de su preferencia. La resistencia friccionante contribuirá a la resistencia en conjunto del pavimento.

Los materiales de sub base deben ser de fácil compactación para alcanzar la densidad máxima determinada. En el caso que contengan piedras o gravas, estas no deben ser mayores de $2/3$ del espesor de la base.

Cuando la compactación de la sub base resulte difícil por falta de finos, pueden seguirse dos alternativas: se le agregan los finos o, si esta operación resulta cara en valor y/o trabajo, deben buscarse otros bancos de material que reúnan las especificaciones.

Es muy importante los bancos de materiales para sub base, llenan las especificaciones requeridas y se encuentran libre de materia vegetal, basura o terrones de arcillas y otras materias perjudiciales. Deben tenerse presente y tomar en cuenta que un gran número de fallas en los pavimentos se debe a sub base que no llenan las especificaciones requeridas, que han sido mal compactadas o que se han contaminado debido a la falta de un adecuado drenaje o por falta de control de la sub rasante.

Esta capa juega un rol netamente económico en los pavimentos flexibles, buscando obtener el espesor necesario utilizando el material más barato posible, lo que trae un aumento en el espesor total del pavimento. La sub base

también aporta sirviendo de transición entre la base y la sub rasante; siendo ocupado como un tipo de filtro para evitar que el material de la base se incruste en la sub rasante, a su vez apoya en la absorción de las deformaciones que provienen de la sub rasante **(Torres Rafael, 2007)**.

En general los espesores de la sub base, son muy variables y dependen de cada proyecto específico, pero suelen de 10 a 15 cm como dimensión mínima.

1.2.3.1.4 BASE GRANULAR

Su función principal es la de proporcionar un elemento resistente que transmite los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia la sub base y sub rasante en una intensidad adecuada. Esta también reduce el espesor de la carpeta más costosa. Muchas veces la base también debe trabajar como sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente.

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir a transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub base y a través de esta a la sub rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Básicamente el material se constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y provistos de vacíos. Es lógico que no baste solo con emplear material friccionante para garantizar la resistencia deseada, es necesaria también una compactación adecuada, necesaria para adquirir la compacidad y trabazón estructural requerida en una buena base.

Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración

produciendo afectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtiene partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado; además de esto, se deben llenar otras especificaciones por lo que es necesario tamizar dicho material.

Los espesores de las bases son muy variables de acuerdo con el proyecto que se trae, pero suele considerarse entre 12 o 15 centímetros, es el espesor mínimo que conviene construir.

La función principal de esta capa, es proporcionar un elemento resistente que pueda transmitir los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia la sub base y la sub rasante, con una intensidad adecuada, sirviendo así a reducir el espesor de la carpeta de rodadura., que es la más costosa. Un factor fundamental en la base, es el material que la constituye, este debe ser friccionante y previsto de vacíos, para poder garantizar la resistencia correcta y la permanencia de esta en el tiempo, bajo condiciones externas, como puede ser el contenido del agua **(Torres Rafael 2007)**.

Por ende, de forma global en todo proyecto la base es la capa encargada de proporcionar una superficie de rodadura adecuada, con textura y color conveniente, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito **(Torres Rafael 2007)**

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

En resumen, la base debe proporcionar una superficie de rodadura adecuada, con textura y color conveniente, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito. Es muy importante mencionar que esta capa debe impedir, hasta donde sea posible, la infiltración de agua al interior del pavimento.

- **Colocación y Extendido**

El material de base será colocado sobre la capa de sub base o sub rasante debidamente preparada y será compactada en capas no mayores de 35 cm. El material será extendido en una capa uniforme por medio de una motoniveladora, de tal forma que forme una capa suelta, de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada.

- **Mezcla**

Para la conformación de la base, se batirá todo el material por medio de la cuchilla de la motoniveladora en toda la profundidad de la capa, llevándolo en forma alternada hacia el centro y los bordes de la calzada.

- **El escarificado**

El material se deberá de realizar para poder uniformizar con el riego de agua que se le aplicará y poder tener una humedad homogénea todo el material colocado en la calzada.

- **Compactación**

Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios con un peso mínimo de 10 toneladas. Dicho rodillado deberá progresar en forma gradual desde los bordes hacia el centro, en sentido paralelo al eje de la vía y continuará de este modo hasta que toda la superficie haya recibido este tratamiento. Cualquier irregularidad o depresión que surja durante la compactación,

deberá corregirse aflojando el material en esos lugares, agregando o quitando material hasta que la superficie resulte lisa y uniforme.

1.2.3.1.5 SUPERFICIE DE RODADURA

La capa se coloca sobre la base. Siendo su objetivo principal proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar las filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores, evitando que afecte directamente a las otras capas de pavimento, absorbiendo cargas, esto considerando un espesor mayor a 4 centímetros.

La demanda de tráfico es de gran importancia para el diseño del pavimento, porque los pavimentos tendrán que soportar las continuas cargas vehiculares durante toda su vida útil, manteniendo un adecuado servicio. El tránsito está compuesto por vehículos de diferentes pesos y números de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste.

En los pavimentos con mezclas asfálticas, por medio de la fórmula de diseño, se obtiene el numero estructural y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman la estructura.

En la práctica no deben colocarse capas con espesores menores a los mínimos requeridos, pues las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el fin de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos.

Cuando se utilicen, como capa de rodadura tratamientos superficiales no deben considerar aporte estructural de esta

capa; pero tiene un gran efecto en la base y sub base, ya que impermeabiliza la superficie y no permite la entrada de agua a la estructura de pavimento.

Algunos valores de espesores mínimos sugeridos para capas asfálticas y base granular en función del tránsito, son dados en la siguiente tabla.

Tabla 1: ESPESORES MINIMOS SUGERIDOS

Número de ESAL´s	Capas Asfálticas (cm)	Base Granular (cm)
Menos de 50,000	3.0	10
50,000 - 150,000	5.0	10
150,000 - 500,000	6.5	10
500,000 - 2,000,000	7.5	15
2,000,000 – 7,000,000	9.0	15
Más de 7,000,000	10.0	15

Basándose en las capas granulares no tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. Para evitar las deformaciones excesivas los materiales son seleccionados para cada capa así: Superficie de Rodadura, Base Granular y Sub Base con buen CBR, límites entre otros. Para cada uno de los materiales se deben conocer sus Módulos de Resiliencia.

▪ **Método del Instituto de Asfalto**

En este procedimiento de diseño, la estructura del pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada uno de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

Este procedimiento es usado para el diseño de pavimento de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y sub base sin ningún tratamiento.

En la metodología adoptada para este método, las cargas sobre la superficie de pavimento producen dos esfuerzos de tensión, que son críticos para propósitos de diseño, estos son:

- a) El esfuerzo de Tensión horizontal sobre el lado de abajo en el límite de la capa asfáltica.
- b) El esfuerzo de compresión vertical en la superficie de la sub rasante.

▪ **Estimación del Transito**

Se define la diferencia entre “Periodo de Diseño” y “Periodo de Análisis”, de la siguiente forma: un pavimento debe ser diseñada para soportar los efectos acumulados de tránsito en cualquier periodo de tiempo.

El periodo seleccionado, en años, se define como “Periodo de Diseño” al término de este, es posible que el pavimento necesite de una acción de rehabilitación mayor, lo cual debe ser una sobre carpeta de refuerzo para restaurarlo a su condición normal. La “vida útil de un pavimento” o “Periodo de Análisis”, es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que este alcanza las mínimas condiciones de transpirabilidad.

- **Superficie de rodamiento:** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- **Impermeabilidad:** Hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.
- **Resistencia:** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

- **Condiciones para el adecuado funcionamiento del pavimento**

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son los siguientes: ancho, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Es importante considerar que el aspecto más importante en la estructura de un pavimento, es el que tiene que ver con la resistencia de las capas, la cual debe ser la adecuada para atenuar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

La división de las capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad.

- **Método Simplificado de diseño de Pavimento Flexible**

Actualmente, el diseño estructural se base en la aplicación de principios que están comprobados mediante estudios teóricos y en una amplia investigación sobre su comportamiento, observando en ensayos realizados en los laboratorios.

Los pavimentos flexibles se caracterizan por tener una baja resistencia al esfuerzo de corte, que va a depender, por cierto, del espesor de sus capas componentes del diseño para transformas las cargas recibidas por a superficie de rodadura a las cargas que pueda soportar el suelo de fundación.

Además, existe un riego de liga entre la capa asfáltica (carpeta, binder o base) y un riego de imprimación entre la base granular y la base asfáltica. El pavimento flexible no solo está formado por la capa de rodadura sino por todas las que conforma la estructura. También es importante decir que de acuerdo al tipo de tránsito y al tipo de suelo natural se puede eliminar algunas de las siguientes capas, intermedia, base y sub base granular.

La finalidad principal del diseño es la selección de los materiales disponible más adecuados, para así se puedan combinar la mejor manera y puedan soportar sin ningún problema las solicitaciones del tránsito en la forma más adecuada.

Al diseñar un pavimento flexible hay que tener siempre presente que la carga que se aplica a la superficie es distribuida sucesivamente sobre áreas mayores a medida que es transmitida por cada capa a la subyacente, la solicitación que se produce por la carga inicial disminuye con la profundidad.

- **Serviciabilidad de los pavimentos**

Es la percepción que tienen los usuarios del nivel del servicio del pavimento, Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

La medición de la serviciabilidad de los pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que ésta no es una evaluación completa, La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHTO.

En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de la serviciabilidad según la norma AASHTO.

Tabla 2: CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS

Calificación		Descripción
Númerica	Verbal	
5.0 – 4.0	Muy buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en su categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos. Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran un poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamientos y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
4.0 – 3.0	Buena	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
3.0 – 2.0	Regular	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas de escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: Armijos (2009)

▪ Evaluación de Pavimentos

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al transitar, esto significa que la plataforma debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

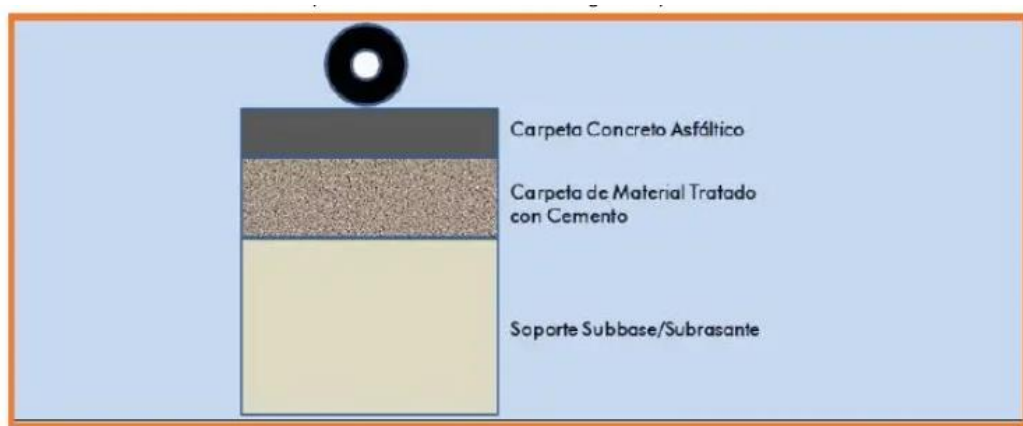
La evaluación de un pavimento consiste en realizar un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos.

1.2.4 PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS

Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de Construcción.

La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como ser camiones y otros.

Ilustración 2: ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO



En términos amplios, un pavimento semi rígido o compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base rigidizada artificialmente con aditivos como son: asfalto, emulsión,

cemento, cal y químicos, cuya finalidad básica es corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento; junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

Generalidades

- **Confinamiento**

Los pavimentos semirrígidos deberán tener una estructura de confinamiento de impida su desplazamiento lateral a causa del empuje del tránsito vehicular.

- **Limitaciones en su ejecución**

Ninguna de las operaciones que forman parte de la construcción del pavimento semirrígido se realizara en momento de lluvia por lo que contiene una capa de arena que sirve como apoyo, cuando la estructura se encuentre afectado se reemplazará el material húmedo y suelta para luego uniformizar y compactar.

- **Apertura al Tránsito**

El tránsito no se permitirá hasta que el pavimento haya recibido la compactación final y esté completamente confinado.

- **Cierre de Tránsito**

Deberá colocarse una apropiada señalización en los desvíos considerados en el proyecto.

- **Conservación**

Durante un lapso de cuanto menos de dos (2) semanas, se dejará un sobrante de material de mejoramiento preparado de manera que el tránsito y las posibles lluvias ayuden a acomodar la arena.

MÉTODO DE DISEÑO

Para el diseño de pavimento con adoquines de concreto, se propone el método de diseño del ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute), que es un procedimiento simplificado que toma en cuenta las siguientes guías de diseño: “Structural Design of Concrete Block Pavements” (Rada, G.R., Smith, D.R., Miller, J.S., and Witczak, M.W.) y la Guide for Design of Pavement Structures (AASHTO’93).

El método considera los siguientes factores de diseño:

- a. Aspectos ambientales
- b. Tráfico expresado en ejes equivalentes
- c. Características de la Sub rasante
- d. Materiales del pavimento

a) Aspectos ambientales:

Dos aspectos que influyen sobre el pavimento son la humedad y la temperatura. La humedad afecta al suelo y las capas granulares del pavimento. Y la temperatura puede afectar la capacidad de carga, especialmente cuando se tiene base tratada con asfalto, también cuando hay temperaturas frías bajo 0°C y a la vez humedad, el congelamiento y descongelamiento tiene efectos negativos en el pavimento.

b) Tráfico expresado en ejes equivalentes:

Se describen los criterios a tener en cuenta en la determinación del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes para diseño. Para el caso de los pavimentos semirrígidos con adoquines de concreto, el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes que se recomienda aplicar, en este Manual, es hasta 15’000,000 EE en el carril de diseño y para un periodo de diseño de 20 años. No obstante, el Ingeniero Proyectista podrá proponer este tipo

de pavimentos con adoquines de concreto para un mayor Número de Repeticiones de EE previa justificación y sustento técnico.

c) Características de la Sub rasante:

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

Ilustración 3: CATEGORIA DE SUB RASANTE

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (Pág.130)

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización

química de suelos, estabilización con geo sintéticos u otros productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

d) Materiales del Pavimento:

Los materiales de la estructura de pavimento semirrígido de adoquines de concreto, son los siguientes:

- **Sub base Granular:** Es opcional incluir esta capa sobre la subrasante preparada y compactada, el Manual sólo contempla capas de base granular y de bases tratadas.
- **Base Granular**
- **Base Granular Tratada con Asfalto:** Las características del material granular corresponden a la Base Granular, indicada anteriormente, a la cual se le adiciona material asfáltico, la mezcla obtenida debe tener una estabilidad Marshall de 1,800 lb.
- **Base Granular Tratada con Cemento:** Las características del material granular corresponden a la Base Granular, indicada anteriormente, a la cual se le adiciona cemento portland, debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días de 4.5 MPa.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito internacional, los procesos de pavimentación de vías urbanas han sufrido cambios importantes, desde el diseño como en los métodos de construcción, por la aparición de equipo moderno de construcción, lo que ha permitido mejorar los tiempos de ejecución de los proyectos, así como los procesos constructivos y por ende los costos de los mismos.

En el ámbito nacional, seguimos con los procedimientos clásicos de construcción, llámese pavimento rígido, pavimento flexible y pavimento semirrígido, no se ha innovado al respecto.

En nuestro distrito de la Banda de Shilcayo, se han construido algunos proyectos de pavimentación de calles con pavimento flexible, y se ve un deterioro prematuro de los mismos, ya que tenemos muchas dificultades para su construcción, partiendo de que no contamos con una planta nueva de asfalto en la ciudad, las obras se abastecen con una planta de asfalto de muchos años de antigüedad, lo que ocasiona una serie de inconvenientes como por ejemplo en la inyección de asfalto, que a veces es mucha y otras veces poca con respecto al diseño del pavimento, lo que sin duda va afectar la carpeta asfáltica, por un lado la exudación del asfalto y por otra el desprendimiento de los árido. A esto se aúna la falta de equipamiento nuevo y mano de obra calificada.

El Distrito de la Banda de Shilcayo actualmente requiere en forma necesaria y urgente del mejoramiento de todas sus calles mediante obras de Pavimentación y/o Asfaltado, en vista del crecimiento urbano alcanzado en los últimos años, que trajo como consecuencia el aumento del parque automotor cuya concentración comúnmente se observa en la zona céntrica y alrededores de la Localidad, generando el congestionamiento vehicular, pues el 70 % de nuestras vías son

afirmadas y más del 60 % de éstas se encuentran en malas condiciones, producto de las constantes precipitaciones pluviales que se presentan en la zona.

Comúnmente las calles asfaltadas son ejecutadas por la Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo en convenio con los Comités de Desarrollo, quienes aportan parte del Presupuesto de la Obra (específicamente con la mano de obra no calificada y materiales de construcción como fierro y cemento).

Este problema también conlleva hacia un bajo nivel de salubridad de la población al estar expuestos a Inadecuadas condiciones de vida. Es decir, el mayor inconveniente que se presenta es la falta de un adecuado sistema vial que interconecte las diferentes calles del casco urbano de la ciudad, constituyéndose este problema en una preocupación de la actual gestión municipal para seguir mejorando el ornato, y por ende la calidad de vida de la población, que conllevara el aumento del nivel socioeconómico de la población.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se determinará la evaluación del tiempo y costo en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo influye el Tiempo en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín?

¿Cuál será la variación del Costo en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en las vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín?

2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el tiempo y costo que varía en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el tiempo en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.
- Determinar el costo que varía en el proceso constructivo, entre los pavimentos: flexible y semirrígido en vías urbanas, del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

2.4. HIPÓTESIS

El estudio comparativo de costo-tiempo de ejecución, entre pavimento flexible y pavimento semirrígido, permite conocer la mejor alternativa del Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y La Banda de Shilcayo, Distrito de La Banda De Shilcayo, San Martín - San Martín - I Etapa.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tiempo y Costo de ejecución del pavimento.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Construcción del pavimento.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptivo comparativo.

3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación corresponde a un estudio descriptivo cuyo esquema está dedicado al tipo de pavimento.



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Las Vías Urbanas en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

3.2.2. MUESTRA

Se tomará las principales Calles del AA.VV. Dos de Febrero del distrito de La Banda de Shilcayo provincia y departamento de San Martín - I Etapa".

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. TÉCNICAS

Conocimiento del proceso de construcción de los dos tipos de pavimentos.

3.3.2. INSTRUMENTOS

Formatos, reglamentos y normas que se utilizan para la construcción de los dos tipos de pavimentos. (Flexible y Semirrígido).

3.3.3. PROCEDIMIENTOS

Nos basamos en los enunciados de la Norma Técnica CE. 10 de Pavimentos Urbanos.

3.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

El recojo de los datos de campo se hará en forma manual y luego se hará un procedimiento computarizado.

El análisis e interpretación de datos se realizará de acuerdo a la Norma técnica CE.10 para pavimentos Urbanos que son parámetros establecidos en nuestro país.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. RESULTADOS

3.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de Tráfico de la AA.VV. Dos de Febrero del Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento y Región de San Martín.

Se ha realizado de acuerdo a las características y condiciones que se requieren para este tipo de estudio.

El análisis del tráfico se sustenta principalmente en la información recopilada en el trabajo de campo, conteo volumétrico.

3.1.1.1. PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Para efectuar el trabajo, se realizó un recorrido de reconocimiento del tramo para establecer el lugar de la estación de conteo; para este estudio y con las características del tramo se ha considerado efectuar conteos en dos estaciones, ubicada al inicio de los tramos que la AA.VV. DOS DE FEBRERO Y LA BANDA DE SHILCAYO, estos lugares son puntos estratégicos para el presente estudio de tráfico. De acuerdo a los requerimientos del estudio, se preparó un itinerario de tráfico, programando en la primera estación establecida un conteo de tráfico durante 10 horas al día por espacio de siete días consecutivos, y para la segunda estación un conteo de tráfico durante 10 horas al día por espacio de siete días. Se tomaron datos según la hora de paso, sentido y tipo de vehículos. El equipo para la ejecución de la labor de campo estuvo conformado por los tesisistas y el asesor.

3.1.1.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL VOLUMEN PROMEDIO DIARIO

Para calcular el volumen diario se ha tomado en cuenta el resultado obtenido del conteo de los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo.

3.1.1.3. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Estos conteos de volumen y clasificación vehicular se realizaron para cada sentido del tránsito, durante 10 horas al día.

3.1.1.4. RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma. En el siguiente cuadro se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

TABLA 5: CLASIFICACIÓN VEHICULAR DE IMD

IMD	Automóvil	Camionetas	Micros	Ómnibus	Camión C2	Camión C3
32	20	4	4	0	3	1

Fuente: Elaboración propia

Composición vehicular del IMD

Vehículos Ligeros	:	80.00 %
Autos y Camionetas	:	70.00 %
Micros y Ómnibus	:	10.00 %
Vehículos Pesados	:	20.00 %
Camión C2	:	14.37 %
Camión C3	:	3.13 %

Se observa que el tráfico ligero es del 80.00 % (autos, camionetas, micros y Ómnibus) del total de vehículos, y el tránsito pesado es de 20.00 % (Camiones C2 y Camiones C3) del total de vehículos.

3.1.1.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, se registró un Índice Medio Diario de 32 vehículos diarios.

3.1.1.6. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN HORARIA

La variación horaria vehicular considerada es el volumen medio – alto; donde el tráfico mayor es durante el día en el horario de 11.00 a.m. A 12.00 p.m. Siendo esta la hora punta. Y el de menos tráfico es durante la noche.

3.1.1.7. ÍNDICE DE TRÁFICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

$IT = 31$, menor a 50 por lo tanto es un tránsito liviano

3.1.2. ESTUDIO DE LA MECÁNICA DE SUELOS

El objetivo principal del estudio es de realizar los trabajos pertinentes para poder establecer las bases que permitirán un adecuado proceso constructivo del acceso a nivel de pavimento flexible, y así proveer al usuario una óptima transitabilidad y durabilidad de la vía, enmarcadas dentro de la concepción de minimizar los costos empleados, los recursos con que cuenta el área de estudio.

Además de realizar los ensayos de Mecánica de Suelos en el laboratorio de las muestras alteradas de los suelos extraídos de los puntos de excavación a cielo abierto a fin de investigar, así como también poder determinar sus propiedades físico – mecánica y obtener los parámetros de cálculo para determinar la capacidad de soporte y comprensibilidad del suelo del área de estudio.

Tabla 3: Ubicación De Calicatas

CALICATAS (Nomenclatura)	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)	UBICACION
C-01	1.50	(Prolog. San Martin cdra.01- L/D)
C-02	1.50	(Prolog. San Martin cdra. 07- L/I)
C-03	1.50	(Pasaje los Rosales cdra. 01- L/I)
C-04	1.50	(Jr. Puerto Arturo C-01 – L/I)
C-05	1.50	(Jr. Rosario Flores Viena cdra. 5- L/D)
C-06	1.50	(Jr. German Adolfo Morey cdra. 02- L/D)
C-07	1.50	(Jr. German Adolfo Morey cdra.04
C-08	1.50	(Jr. German Adolfo Morey cdra.05
C-09	1.50	(Jr. German Adolfo Morey cdra.01
C-10	1.50	(Jr. Rosario Flores Viena111 cdra.03
C-11	1.50	(Jr. Rosario Flores Viena cdra.02
C-12	1.50	(Jr. Rosario Flores Viena cdra.03
C-13	1.50	Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 01 L/I
C-14	1.50	Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 02 L/D
C-15	1.50	Jr. Los Vencedores Cdra. 01-L/I
C-16	1.50	Jr. Los Vencedores Cdra. 02-L/D
C-17	1.50	Jr. Los Vencedores Cdra. 03-L/I
C-18	1.50	Jr. Los Vencedores Cdra. 04-L/D
C-19	1.50	Jr. Los Vencedores Cdra. 05-L/I
C-20	1.50	Psje. Huavas Cdra. 01-L/I.
C-21	1.50	Jr. Ramón Castilla Cdra. 04-L/D.
C-22	1.50	Jr. Ramón Castilla Cdra. 05-L/I.
C-23	1.50	Jr. Ramón Castilla Cdra. 06-L/D.
C-24	1.50	Jr. Ramón Castilla Cdra. 07-L/I.
C-25	1.50	Psje. Huavas Cdra. 02-L/D.
C-26	1.50	Psje. Mangual Cdra. 01-L/I.

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

Tabla 4: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CALICATAS

Calicata N° 01 (Prolog. San Martin cdra.01- L/D):

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por un Grava arcillosa con mezcla de bolones hasta 20" compacta, de color amarillento, de mediana plasticidad con 39.77% de finos (Que pasa la malla N° 200), Lím. Líq.= 31.32% e Ind. Plast.= 11.47%, de expansión media en condición normal. De clasificación: **SUCCS= GC** y **ASSHTO= A-2-4(0)**.

Calicata N° 02 (Prolog. San Martin cdra.07- L/D):

Un primer estrato de 0.00 a 0.60 mts. Conformado por una arcilla delgada arenosa semi compacta, de color amarillento, de mediana plasticidad con respecto LL., de mediana plasticidad con respecto al IP., con 60.38 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 38.75 % e I.P.= 14.59 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(7)**.

Un tercer estrato de 0.90 a 1.50 mts. Conformado por una arcilla arenosa semi compacta, de color amarillento, de compresibilidad media y de mediana plasticidad con 53.54% de finos (Que pasa la malla N° 200), Lím. Líq.= 29.56% e Ind. Plast.= 12.97%, de expansión media en condición normal. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(4)**.

Calicata N° 03 (Pasaje los Rosales cdra.01- L/D):

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, Con espesor de 0.00 a 0.20 mt.

Un segundo estrato de 0.20 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de mediana plasticidad con respecto LL., de mediana plasticidad con respecto al IP., con 60.20 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 34.64 % e I.P.= 13.42 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(6)**.

Calicata N° 04 (Jr. Puerto Arturo C-01 – L/D):

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, de color Con espesor de 0.00 a 0.30 mt.

Un segundo estrato de 0.30 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de alta plasticidad con respecto al IP., con 69.98 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 42.32 % e I.P.= 16.63 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-7-6(11)**.

Calicata N° 05 - Jr. Rosario Flores Viena cdra.5- L/Derecho:

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de alta plasticidad con respecto al IP., con 69.98 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 42.32 % e I.P.= 16.63 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-7-6(11)**.

Calicata N° 06 - Jr. Germán Adolfo Morey cdra.02- L/D:

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, de color Con espesor de 0.00 a 0.50 mt.

Un segundo estrato de 0.50 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa semi compacta, de color amarillento, de mediana plasticidad con respecto LL., de mediana plasticidad con respecto al IP., con 52.72 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 32.37 % e I.P.= 12.00 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(4)**.

Calicata N° 07 - Jr. Germán Adolfo Morey cdra.04- L/izquierdo:

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, Con espesor de 0.00 a 0.30 mt.

Un segundo estrato de 0.30 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de alta plasticidad con respecto al IP., con 77.75 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 44.40 % e I.P.= 18.94 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-7-6(15)**.

Calicata N° 08 - Jr. Germán Adolfo Morey cdra.05- L/izquierdo:

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa semi compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto L.L. de alta plasticidad con respecto al IP., con 71.57 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 42.46 % e I.P.= 16.98 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-7-6(13)**.

Calicata N° 09 - Jr. Germán Adolfo Morey cdra.01- L/izquierdo:

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, de color Con espesor de 0.00 a 0.20 mt.

Un segundo estrato de 0.20 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa semi compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de alta plasticidad con respecto al IP., con 73.13 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 43.21 % e I.P.= 17.69 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-7-6(13)**.

Calicata N° 10 - Jr. Rosario Flores Viena cdra.03- L/izquierdo:

Un primer estrato de 0.00 a 0.70 mt. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de alta plasticidad con respecto al IP., con 70.03 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 41.06 % e I.P.= 15.23 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= ML** y **ASSHTO= A-7-6(10)**.

Un segundo estrato de 0.70 a 1.50 mts. Conformado por un Conglomerado, mezcla de grava arena limo y arcilla, con bolones hasta 20" compacta, de color amarillento, de baja plasticidad con respecto LL., de baja plasticidad con respecto al IP. con 17.74 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 24.20 % e I.P.= 17.25 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GC-GM** y **ASSHTO= A-2-4(0)**.

Calicata N° 11 - Jr. Rosario Flores Viena cdra.02- L/Derecho:

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de mediana plasticidad con respecto al IP., con 63.60 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 36.88 % e I.P.= 15.25 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(8)**.

Calicata N° 12 - Jr. Rosario Flores Viena cdra.03- L/izquierdo:

Un primer estrato conformado por un Arena arcillosa compacta de color marrón, de color Con espesor de 0.00 a 0.30 mt.

Un segundo estrato de 0.30 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de alta plasticidad con respecto LL., de mediana plasticidad con respecto al IP., con 62.55 % de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 36.39 % e I.P.= 15.01 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(7)**.

Calicata N° 13 – Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 01 L/I

Un primer estrato conformado por un material de relleno (Conformado por una arena limosa con mezcla de grava, compacta, de color marrón claro), con espesor de 0.00 a 0.50mt.

Un segundo estrato de 0.50 a 1.50 mts. Conformado por una arcilla delgada arenosa compacta, de color rojizo, de mediana plasticidad con respecto al LL., de mediana plasticidad con respecto al IP, con 55.39 % de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 30.72 % e Ind. Plast.= 11.35 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación:

SUCCS= CL y ASSHTO= A-6(4).

Calicata N° 14 – Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 02 L/D

Un primer conformado por un material de relleno (Conformado por una arena limosa compacta, de color amarillento claro), con espesor de 0.00 a 0.50mt.

Un segundo estrato de 0.50 a 1.50 m. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color rojizo, de mediana plasticidad con respecto al LL., de mediana plasticidad con respecto al IP, con 57.11 % de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 33.51 % e Ind. Plast.= 12.27 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL y ASSHTO= A-6(5).**

Calicata N° 15 - Jr. Los Vencedores Cdra. 01-L/I

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por una Conglomerado (con mezcla de grava, arena, limo y arcilla) muy compacto, de color marrón con mezcla amarillenta, con presencia de boloneras de tamaño máximo 15", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 28.33 % de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 21.14 % e Ind. Plast.= 4.31 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GC-GM y ASSHTO= A-2-4(0).**

Calicata N° 16 – Psaje. Los Vencedores Cdra. 02-L/D

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa con mezcla de grava, compacta, de color amarillento), con espesor de 0.00 a 0.40mt.

Un segundo estrato de 0.40 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de mediana plasticidad con respecto al LL., de mediana plasticidad con respecto al IP, con 51.23 % de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 34.42 % e Ind. Plast.= 12.09 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación:

SUCCS= CL y ASSHTO= A-6(4).

Calicata N° 17 - Psaje. Los Vencedores Cdra. 03-L/I

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por un Conglomerado (mezcla de grava, arena, limo y arcilla) muy compacto, de color amarillento, con presencia de boloneras tamaño máximo 12", de nula plasticidad con respecto al LL., de nula plasticidad con respecto al IP, con 9.93 % de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 0.00 % e Ind. Plast.= 0.00 %, de expansión nula en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GP-GM y ASSHTO= A1-a (1).**

Calicata N° 18 - Psaje. Los Vencedores Cdra. 04-L/D

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por un Conglomerado (mezcla de grava, arcilla, limo y arena) muy compacta, de color marrón con mezcla amarillenta, con presencia de boloneras de tamaño máximo de 12", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 15.61% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 19.06 % e Ind. Plast.= 2.72 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GM y ASSHTO= A1-b (0).**

Calicata N° 19 - Psaje. Vencedores Cdra. 04-L/I.

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por un Conglomerado (mezcla de grava, arena, limo y arcilla) muy compacta, de color amarillento claro, con presencia de boloneras de tamaño máximo de 12", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 15.49% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 19.44 % e Ind. Plast.= 2.18 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GM y ASSHTO= A1-b (0).**

Calicata N° 20 - Psaje. Huavas Cdra. 01-L/I.

Un primer estrato de 0.00 a 1.50 mts. Conformado por una Conglomerado (mezcla de grava, arena, limo y arcilla) muy compacta, de color marrón claro, con presencia de boloneras de tamaño máximo de 12", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 15.12% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 18.47 % e Ind. Plast.= 2.24 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GM y ASSHTO= A1-b (0).**

Calicata N° 21 - Jr. Ramón Castilla Cdra. 04-L/D.

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa compacta, de color marrón claro, con mezcla de basura), con espesor de 0.00 a 0.90mt.

Un segundo estrato de 0.90 a 1.50 mts. Conformado por una arena arcillosa limosa con mezcla de grava, compacto, de color marrón claro, con presencia de boloneras de tamaño máximo de 6", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 26.75% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 20.23 % e Ind. Plast.= 4.13 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= SC-SM** y **ASSHTO= A-2-4(0)**.

Calicata N° 22 - Jr. Ramón Castilla Cdra. 05-L/I.

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa compacta, de color amarillento), con espesor de 0.00 a 0.10mt.

Un segundo estrato de 0.10 a 1.50 mts. Conformado por un Conglomerado (mezcla de grava, arena, limo y arcilla) compacta, de color marrón, con presencia de boloneras disgregables de tamaño máximo de 12", de baja plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 10.28% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 19.71 % e Ind. Plast.= 1.49 %, de expansión bajo en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GP-GM** y **ASSHTO= A1-b (0)**

Calicata N° 23 - Jr. Ramón Castilla Cdra. 06-L/D.

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa compacta, de color marrón claro), con espesor de 0.00 a 0.35mt.

Un segundo estrato de 0.35 a 1.50 mts. Conformado por una Arena arcillo limosa con mezcla de gravilla, compacta, de color amarillento, de baja plasticidad con respecto L.L, de baja plasticidad con respecto al I.P. con 38.25% de finos (Que pasa la malla N° 200), L.L.= 21.00% e I.P.= 4.79%, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(5)**.

Calicata N° 24 - Jr. Ramón Castilla Cdra. 07-L/I.

Un primer estrato de 0.00 a 1.00 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa compacta, de color amarillento, de media plasticidad con respecto al LL., de media plasticidad con respecto al IP, con 54.50% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 31.46 % e Ind. Plast.= 11.60 %, de expansión medio

en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(4)**.

Un segundo estrato de 1.00 a 1.50 mts. Conformado por un conglomerado mezcla de (grava, arena, limo y arcilla) compacto, de color amarillento, con presencia de boloneras tamaño máximo 10", de nula plasticidad con respecto al LL., de nula plasticidad con respecto al IP, con 3.30% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 0.00 % e Ind. Plast.= 0.00 %, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= GP** y **ASSHTO= A1-a (1)**

Calicata N° 25 - Psaje. Huavas Cdra. 02-L/D.

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa compacta, de color marrón claro, con mezcla de basura), con espesor de 0.00 a 0.70mt.

Un segundo estrato de 0.70 a 1.50 mts. Conformado por una Arcilla delgada arenosa semi compacta, de color rojizo, de media plasticidad con respecto al LL., de media plasticidad con respecto al IP, con 55.30% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 31.23 % e Ind. Plast.= 10.90 %, de expansión media en condición normal con respecto al IP. De clasificación: **SUCCS= CL** y **ASSHTO= A-6(4)**.

Calicata N° 26 - Psaje. Mangual Cdra. 01-L/I

Un primer estrato conformado por un Material de relleno (Conformado por una arena limosa con mezcla de grava, compacta, de color amarillento claro), con espesor de 0.00 a 0.60mt.

Un segundo estrato de 0.60 a 1.50 mts. Conformado por una Arena arcillosa semi compacta, de color rojizo, de media plasticidad con respecto al LL., de baja plasticidad con respecto al IP, con 47.66% de finos (que pasa la malla N°200), Lím. Líq.= 26.00 % e Ind. Plast.= 9.44%, de expansión baja en condición normal con respecto al IP. De clasificación:

SUCCS= SC y **ASSHTO= A-4(1)**.

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

3.1.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

3.1.2.2.1 AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN

Este ensayo determina la cantidad de energía aplicada al suelo estabilizarlo y eliminar la proporción de varios; conforme a especificación, siendo el principal objetivo el determinar la máxima densidad seca versus el óptimo contenido de la humedad con lo cual se obtiene máxima densidad del suelo.

3.1.2.3. PRESENCIA DE SUELOS ORGÁNICOS Y EXPANSIVOS

3.1.2.3.1. SUELOS ORGÁNICOS

La verificación de la presencia de suelos orgánicos en el terreno de fundación se realizó al momento de ejecutar las prospecciones de campo. De dicha inspección se concluye que no existen suelos orgánicos en la superficie de las calles del proyecto.

INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSION
0 – 15	BAJO
15 – 35	MEDIO
35 - 55	ALTO
>55	MUY ALTO

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martin – San Martin”

3.1.2.3.2. SUELOS EXPANSIVOS

Un suelo expansivo es aquel que muestra un cambio volumétrico significativo bajo la acción del agua. La presencia de suelos expansivos se determinó después de realizar los ensayos de laboratorio de las diferentes muestras obtenidas.

3.1.2.4. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO

Para la determinación del CBR de la sub rasante se ha considerado la variación de los diferentes tipos de suelos encontrándose según el perfil estratigráfico, seleccionado para cada tipo de suelo muestras representativas para ser sometidas a ensayos de CBR.

Las pruebas a las que fueron sometidas las muestras se encuentran dentro de lo establecido en las normas, y han sido clasificados según el cuadro siguiente:

Tabla 5: CBR DE LA SUB RASANTE

DESCRIPCIÓN	CBR %	CLASIFICACIÓN
Muy mala	0-5	Sub rasante
Mal	6-10	Sub rasante
Regular a buena	11-20	Sub rasante
muy buena	21-30	Sub rasante

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Esta clasificación de los valores de la relación soporte California (CBR) se debe tener en consideración al momento de calcular el espesor del pavimento, el que deberá tener el espesor suficiente para que las cargas no asimiladas por sus capas, no exceden la capacidad portante del suelo de fundación o sub rasante.

Con fines de evaluación de la capacidad de soporte del terreno de fundación o sub rasante existente, se realizaron los trabajos de laboratorio y los CBR encontrados se expresan en el siguiente cuadro:

Tabla 6: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE RESISTENCIA

SUB RASANTE NATURAL	C 01 -C 01 (Prolog. San Martín Cdra. 01)	C 02 -C 01 (Prolog. San Martín Cdra. 07)	C 02 -C 02 (Pasaje Los Rosales)	C 03 -C 02 (Psje. Los Rosales C.01- L/izq.)	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	-		1.15	1.21	Kg./cm2
- Angulo de fricción	-	27.00	15.07	15.80	grados
- Cohesión	-	0.14	0.27	0.27	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	-	1.99	1.99	1.98	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	47.94	-	21.53	19.00	%
C.B.R. al 95% de compactación	36.18	-	15.92	14.11	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	2.07	-	1.950	1.90	grs./cm3
Humedad Óptima %	7.60	-	11.90	12.10	%
% de Humedad Natural	9.70	14.39	15.88	13.28	%
Límites de Consistencias					
Límite Líquido	35.34	38.75	34.55	34.64	%
Límite Plástico	25.44	24.16	21.85	21.22	%
Índice de Plasticidad	9.90	14.59	12.70	13.42	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	42.36%	100.00%	100.00%	100.00%	%
% pasa la malla Nº 10	40.30%	99.40%	98.59%	99.17%	%
% pasa la malla Nº 40	36.51%	89.09%	85.82%	90.26%	%
% pasa la malla Nº 200	18.49%	60.38%	57.37%	60.20%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-6(7)	A-6(5)	A-6(6)	
Sistema de clasificación SUCCS	GM	CL	CL	CL	
Profundidad	0.00 – 1.50	0.00 – 0.60	0.60 – 1.50	0.20 – 1.50	m

SUB RASANTE NATURAL	Calicata Nº 04 - Capa 02 - Jr. Puerto Arturo C-01 - Lado izquierdo	Calicata Nº 05 - Capa 01 - Jr. Rosario Flores Viena cdra.5- L/D	Calicata Nº 06 - Capa 02 - Jr. German Adolfo Morey cdra.02- L/D.	Calicata Nº 07 - Capa 02 - Jr. German Adolfo Morey cdra.04- L/izq.	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.21	1.19	1.16	1.20	Kg./cm2
- Angulo de fricción	23	23	26	15.80	grados
- Cohesión	0.27	0.26	0.17	0.27	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	1.99	1.99	1.97	1.95	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	17.91	18.18	20.81	19.00	%
C.B.R. al 95% de compactación	11.76	12.12	15.38	14.70	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	1.93	1.90	1.86	1.91	grs./cm3
Humedad Óptima %	12.35	11.50	13.50	14.00	%
% de Humedad Natural	17.17	18.23	16.12	14.70	%
Límites de Consistencias					
Límite Líquido	42.32	42.09	32.37	44.40	%
Límite Plástico	25.69	25.57	20.37	25.46	%
Índice de Plasticidad	16.63	16.52	12.00	18.94	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	100.00%	99.72%	100.00%	99.98%	%
% pasa la malla Nº 10	99.82%	98.57%	99.60%	99.66%	%
% pasa la malla Nº 40	95.52%	91.59%	92.11%	96.14%	%
% pasa la malla Nº 200	69.98%	68.55%	52.72%	77.75%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-7-6(11)	A-7-6(11)	A-6(4)	A-7-6(15)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL	CL	CL	CL	
Profundidad	0.30 – 1.50	0.00 – 0.60	0.50 – 1.50	0.30 – 1.50	m

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

SUB RASANTE NATURAL	C 08 - C 02 Jr. German Adolfo Morey cdra.05- L/I	C 09 - C 02 Jr. German Adolfo Morey cdra.01- L/I	C 10 - C 01 Jr. Rosario Flores Viena cdra.03- L/I	C 10 - C 02 (Jr. Rosario Flores Viena Cdra. 03)	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.15	1.21	-	1.45	Kg./cm2
- Angulo de fricción	15.80	15.80	-	19.52	grados
- Cohesión	0.25	0.27	-	0.20	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	1.95	1.98	-	2.05	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	19.00	21.89	19.18	-	%
C.B.R. al 95% de compactación	13.57	14.65	14.47	-	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	1.92	1.92	2.01	-	grs./cm3
Humedad Óptima %	12.50	12.30	7.80	-	%
% de Humedad Natural	16.72	16.04	15.40	-	%
Limites de Consistencias					
Límite Líquido	42.46	43.21	41.06	24.20	%
Límite Plástico	25.48	25.52	25.83	17.25	%
Índice de Plasticidad	16.98	17.69	15.23	6.95	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	100,00%	99.98%	100.00%	43,87%	%
% pasa la malla Nº 10	99,80%	99.45%	99.80%	41,36%	%
% pasa la malla Nº 40	95,91%	91.91%	95.32%	37,50%	%
% pasa la malla Nº 200	71,57%	73.13%	70.03%	17,74%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-7-6(12)	A-7-6(13)	A-7-6(10)	A-2-4(0)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL	CL	ML	GC-GM	
Profundidad	0.00 – 1.50	0.20 – 1.50	0.00 – 0.70	0.70 – 1.50	m

SUB RASANTE NATURAL	C 11 - C 01 Jr. Rosario Flores Viena cdra.02- L/D	C 12 - C 02 Jr. Rosario Flores Viena cdra.03- L/I.	13 - 02 Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 01 - L/I	14 - 02 Jr. Gregorio Sánchez Cdra. 02 - L/D	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.18	1.15	-	-	Kg./cm2
- Angulo de fricción	15.80	15.80	-	-	grados
- Cohesión	0.26	0.25	-	-	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	1.97	1.96	-	-	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	22.07	22.44	21.72	20.49	%
C.B.R. al 95% de compactación	15.74	15.20	16.08	15.10	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	1.91	1.92	1.98	1.98	grs./cm3
Humedad Óptima %	13.20	13.20	8.80	9.30	%
% de Humedad Natural	12.85	18.24	15.11	16.52	%
Limites de Consistencias					
Límite Líquido	36.88	36,39	30.72	33.51	%
Límite Plástico	21.63	21,38	19.38	21.24	%
Índice de Plasticidad	15.25	15,01	11.35	12.27	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	99.98%	99,93%	99.94%	99.88%	%
% pasa la malla Nº 10	98.83%	98,50%	98.96%	99.02%	%
% pasa la malla Nº 40	90.96%	88,09%	87.79%	88.92%	%
% pasa la malla Nº 200	63.60%	62,55%	55.39%	57.11%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-6(8)	A-6(7)	A-6(4)	A-6(5)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL	CL	CL	CL	
Profundidad	0.00 – 1.50	0.30 – 1.50	0.50 - 1.50	0.50 - 1.50	m

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

SUB RASANTE NATURAL	15 - 01 Jr. Los Vencedores Cdra. 01 - L/I	16 - 02 Jr. Los Vencedores Cdra. 02 - L/D	17 - 01 Jr. Los Vencedores Cdra. 03 - L/I	18 - 01 Jr. Los Vencedores Cdra. 04 - L/D	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.48	1.44	1.40	1.39	Kg./cm2
- Angulo de fricción	18.76	18.01	18.01	18.01	grados
- Cohesión	0.25	0.26	0.25	0.25	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	2.01	2.05	2.02	2.01	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	48.85	20.81	52.14	54.45	%
C.B.R. al 95% de compactación	36.00	15.38	38.96	39.29	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	2.04	1.96	2.05	2.07	grs./cm3
Humedad Óptima %	7.45	11.25	6.10	9.50	%
% de Humedad Natural	6.48	14.92	13.29	12.59	%
Limites de Consistencias					
Límite Líquido	21.14	34.42	0.00	19.06	%
Límite Plástico	16.83	22.33	0.00	16.34	%
Índice de Plasticidad	4.31	12.09	0.00	2.72	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	48.24%	100.00%	32.65%	49.41%	%
% pasa la malla Nº 10	47.33%	95.52%	31.97%	47.32%	%
% pasa la malla Nº 40	45.39%	84.16%	27.55%	41.39%	%
% pasa la malla Nº 200	28.33%	51.23%	9.93%	15.61%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-6(4)	A1-a(1)	A1-b(0)	
Sistema de clasificación SUCCS	GC-GM	CL	GP-GM	GM	
Profundidad	0.00 - 1.50	0.40 - 1.50	0.00 - 1.50	0.00 - 1.50	m

SUB RASANTE NATURAL	19 - 01 Jr. Los Vencedores Cdra. 05 - L/I	20 - 01 Psje. Huavas Cdra. 01 - L/I	21 - 02 Jr. Ramón Castilla Cdra. 04 - L/D	22 - 02 Jr. Ramón Castilla Cdra. 05 - L/I	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.43	-	-	1.37	Kg./cm2
- Angulo de fricción	18.01	-	-	18.01	grados
- Cohesión	0.26	-	-	0.24	Kg./cm2
Densidad Peso Volumétrico	2.03	-	-	2.00	Kg./m3
C.B.R. al 100% de compactación	48.52	44.23	30.40	42.92	%
C.B.R. al 95% de compactación	37.64	32.37	20.84	33.03	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	2.06	2.05	2.03	2.05	grs./cm3
Humedad Óptima %	7.80	7.02	8.50	7.50	%
% de Humedad Natural	14.46	15.22	9.72	9.65	%
Limites de Consistencias					
Límite Líquido	19.44	18.47	20.23	19.71	%
Límite Plástico	17.26	16.23	16.10	18.22	%
Índice de Plasticidad	2.18	2.24	4.13	1.49	%
Granulometría					
% pasa la malla Nº 4	46.33%	49.98%	79.63%	41.56%	%
% pasa la malla Nº 10	44.48%	47.54%	77.75%	39.72%	%
% pasa la malla Nº 40	38.99%	40.98%	61.26%	32.53%	%
% pasa la malla Nº 200	15.49%	15.12%	26.75%	10.28%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A1-b(0)	A1-b(0)	A-2-4(0)	A1-b(0)	
Sistema de clasificación SUCCS	GM	GM	SC-SM	GP-GM	
Profundidad	0.00 - 1.50	0.00 - 1.50	0.90 - 1.50	0.10 - 1.50	m

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

SUB RASANTE NATURAL	23 - 02 Jr. Ramón Castilla Cdra. 06 - L/D	24 - 01 Jr. Ramón Castilla Cdra. 07 - L/I	24 - 02 Jr. Ramón Castilla Cdra. 07 - L/I	25 - 02 Psje. Huavas Cdra. 02 - L/D.	26 - 02 Psje. Mangual Cdra. 01 - L/I	UNIDADES
Resistencia del suelo (Cimentación Corrida)	1.30	-	1.27	-	-	Kg/cm2
- Angulo de fricción	17.27	-	17.27	-	-	grados
- Cohesión	0.25	-	0.24	-	-	Kg/cm2
Densidad Peso Volumétrico	1.98	-	1.97	-	-	Kg/m3
C.B.R. al 100% de compactación	23.16	19.00	-	23.70	22.61	%
C.B.R. al 95% de compactación	15.92	14.11	-	17.01	16.10	%
Proctor modificado						
Máxima Densidad	1.98	1.95	-	1.99	2.00	grs./cm3
Humedad Óptima %	8.80	12.45	-	8.10	8.20	%
% de Humedad Natural	13.79	8.78	13.90	19.25	17.13	%
Limites de Consistencias						
Límite Líquido	32.34	31.46	0.00	31.23	26.00	%
Límite Plástico	20.86	19.86	0.00	20.34	16.57	%
Índice de Plasticidad	11.48	11.60	0.00	10.90	9.44	%
Granulometría						
% pasa la malla N° 4	99.98%	100.00%	16.24%	100.00%	100.00%	%
% pasa la malla N° 10	99.40%	99.31%	14.44%	98.71%	99.71%	%
% pasa la malla N° 40	92.44%	88.37%	12.59%	85.20%	84.30%	%
% pasa la malla N° 200	58.97%	54.50%	3.30%	55.30%	47.66%	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-6(5)	A-6(4)	A1-a(1)	A-6(4)	A-4(1)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL	CL	GP	CL	SC	
Profundidad	0.35 - 1.50	0.00 - 1.00	1.00 - 1.50	0.70 - 1.50	0.60 - 1.50	m

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

3.1.2.5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA SUB RASANTE

La distribución de la muestra es como se indica:

Total, tramo evaluado: 100%

SUCCS CL = 62.00%

SUCCS GM= 11.07%

SUCCS GP= 3.85%

SUCCS GC-GM= 7.69%

SUCCS GP-GM= 7.69%

SUCCS SC= 3.85%

SUCCS ML= 3.85%

El índice de plasticidad varía entre:

0-10 =36.00%

10-20=64.00%

>a 25 = 0%

Obtenidos del material conforme de la plataforma encontradas en sitio.

DONDE:

LL=Límite Líquido, IP= Índice de Plasticidad, %w= Contenido de humedad.

TABLA 8.- RESULTADOS DE BASE

Cantera Río Huallaga - Sector Shapaja y/o Cantera Buenos Aires Km. 661	Resultados Base Chancada	Especificaciones técnicas- tipo B	UNIDAD
C.B.R. al 100% de compactación	99.82	40 % min	%
C.B.R. al 95% de compactación	88.58		%
Proctor modificado			
Máxima Densidad	2.21		grs./cm ³
Humedad Óptima %	7.55		%
Humedad Natural	-		%
Peso Específico	2.65		gr./cm ³
Granulometría			
-% que pasa la Malla # 2"	100.00	100-100	
-% que pasa la Malla # 1"	88.66	75-95	
-% que pasa la malla # 3/8"	66.38	40-75	%
-% que pasa la malla # 4	52.22	30-60	%
-% que pasa la malla # 10	40.69	20-45	
-% que pasa la malla # 40	26.75	15-30	
-% que pasa la malla # 200	10.44	5-15	
Límites de consistencia			
- Límite Líquido	20.25	25.00 max.	%
- Límite Plástico	18.44		%
- Índice de plasticidad	2.81	6.00 max.	%
Clasificación SUCS	GM		
Clasificación AASHTO	A1-a(0)		
Equivalente de Arena	36.00	25.00 min	
Desgaste a la abrasión	29.78	50.00 max	
Grado de compactación		100.00	

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Tabla 7: RESULTADOS DE SUB BASE

Cantera Río Huallaga - Sector Shapaja y/o Cantera Buenos Aires Km. 661	Resultados Sub Base Granular	Especificaciones técnicas- tipo B	UNIDAD
C.B.R. al 100% de compactación	86.74	40 % min	%
C.B.R. al 95% de compactación	54.45		%
Proctor modificado			
Máxima Densidad	2.18		grs./cm3
Humedad Óptima %	7.20		%
Humedad Natural	-		%
Peso Específico	2.62		gr./cm3
% de absorción	0.86		%
Granulometría			
-% que pasa la Malla # 2"	100.00	100-100	
-% que pasa la Malla # 1"	88.13	75-95	
-% que pasa la malla # 3/8"	66.46	40-75	%
-% que pasa la malla # 4	53.20	30-60	%
-% que pasa la malla # 10	41.65	20-45	
-% que pasa la malla # 40	26.84	15-30	
-% que pasa la malla # 200	14.84	5-15	
Límites de consistencia			
- Límite Líquido	20.15	25.00 max.	%
- Límite Plástico	16.79		%
- Índice de plasticidad	3.38	4.00 max.	%
Clasificación SUCS	GP-GM		
Clasificación AASHTO	A1-a(0)		
Peso Específico	2.679		gr./cm3
% de absorción	0.81		%
Equivalente de Arena	61.00	35.00 min	%
Desgaste a al abrasión	20.10	40.00 max	%
Partículas Chatas y alargadas	6.3	15.00 max	
Partículas con dos caras fracturadas	42.9	40.00 min	
Partículas con una cara fracturada	82.50	80 min	
Grado de compactación		100.00	%

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

3.1.3. CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

Los trabajos de mecánica de suelos realizados en canteras se desarrollaron con la finalidad de investigar las características de los materiales que permitan establecer que canteras serán utilizadas en las distintas capas estructurales del pavimento, áreas de préstamo de material para conformar los rellenos, así como agregados pétreos

para la elaboración de concretos hidráulicos. Seleccionando únicamente aquellas que demuestren que la cantidad y calidad del material existente sean los adecuados y suficientes para la construcción de la vía.

Los trabajos de campo se orientan a explorar el sub suelos, mediante la ejecución de calicatas en el área en estudio de las canteras. Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que han sido remitidas al laboratorio especializado para los análisis correspondientes.

3.1.3.1. METODOLOGÍA DE LA BASE GRANULAR

Se trata de una capa de material granular y que es procesado por medios mecánicos con el fin de satisfacer las exigencias técnicas y poder cumplir su cometido como elemento estructural de la vía de construcción, las mismas que deberá ser rigurosamente tratada dado que ella servirá de superficie de contacto con la carpeta asfáltica de rodadura.

Su proceso constructivo se define igual que la sub base, como el batido, extendido, nivelación y compactación de la capa de acuerdo a los niveles fijados en los planos de obra.

El proceso de compactación deberá llevarse a cabo con rodillos autopropulsados vibratorios de 10tn de peso nominal mínimo, para asegurar una eficiente densificación del material, por tanto, es indispensable controlar el grado de compactación mediante el ensayo ASTM D-1556 "Cono de Arena" en una frecuencia mínima de 10 mediciones por km.

Necesariamente debería tratarse como un producto triturado proveniente del chancado de materiales de rio, dado que dicha condición le asegura propiedades friccionantes necesarias para

soportar las cargas de tráfico y asegurar el correcto comportamiento de la estructura integral.

El material de base chancada estará compuesto de gravas durables o fragmentos de piedra y un relleno de arena o partículas finas, así mismo será libre y exento de materia orgánica y demás agentes contaminantes dado que su contacto con la mezcla asfáltica la convierte en una superficie extremadamente sensible a cualquier perturbación.

Una deficiente compactación de la capa de base dará origen a elevadas deformaciones elásticas bajo cargas, lo que supondrá una fatiga inesperada en la estructura significando la pronta destrucción de la misma.

3.1.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los trabajos de laboratorio permitieron evaluar las propiedades de las canteras mediante ensayos físicos mecánicos y químicos. Las muestras disturbadas son sometidas a ensayos de acuerdo a las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectúan de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras el MTC (EM-2000) y son:

Tabla 8: CLASIFICACION DEL MATERIAL

Ensayo	Uso	AASHTO	ASTM	Propósito
Análisis Granulométrico por tamizado	clasificación	T88	D422	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Limite liquido	clasificación	T89	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Limite plástico	clasificación	T90	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido
Índice plástico	clasificación	T90	D4318	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Equivalente de Arena	Calidad Agregado	T176	D2419	Determinación rápida de la cantidad de finos en los agregados
Abrasión (los Ángeles)		T96	C131 C535	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos.
Proctor modificado	Diseño de espesores	T180	D1557	Determinación del Optimo Contenido de Humedad y de la máxima densidad seca del material.
CBR	Diseño de espesores	T193	D1883	Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo
Contenido de Humedad		T265	D2216	Determina los Ensayos de contenido de humedad

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

3.1.3.3. REQUERIMIENTO TÉCNICO DE LA BASE GRANULAR

Tabla 9: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS

Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Agregado Grueso

Requerimientos agregado grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Agregado Fino

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	----	15%

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

3.1.3.4. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

Las canteras propuestas como materiales de construcción para los rellenos estructurales, sub base granular, base granular, concreto asfáltico y concreto armado son: Cantera Rio Huallaga Sector Shapaja y/o Buenos Aires KM 661.

Tabla 10: UBICACIÓN DE CANTERAS

CANTERA RIO HUALLAGA - SECTOR SHAPAJA Y/O SECTOR BUENOS AIRES KM 661

Se trata de un depósito fluvial sobre el Río Huallaga

Ubicación : De la Localidad de Tarapoto a 35 km. hasta llegar al lugar de la cantera Sector Buenos Aires Km. 661.
Acceso: Carretera asfaltada hasta llegar al Km 661 carretera Fernando Belaunde Terry, luego se entra 0.50 km carretera afirmada hasta el río Huallaga (Sector Buenos Aires Km. 661).

Potencia : 135,000 m³

Piedra >2" : 80%

Propietario : Propiedad privada

Uso : Material para la capa de rodadura y concreto chancada la grava y arena triturada.

Tipo de material : Hormigón.

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

3.1.3.5. FUENTES DE AGUA

Complementariamente se ubicaron las siguientes fuentes de agua las cuales cuentan con un volumen y calidad adecuados para las obras de concreto, analizando y ubicado el área de estudio se utilizará agua potable para la fabricación del concreto, y para el mezclado de los materiales de sub rasante natural, lastrado, base chancada.

Tabla 11: FUENTES DE AGUA

Proyecto	Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles en la AA. VV Dos de Febrero y en la Banda de Shilcayo, Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín - San Martín.			
FUENTE	Ubicación(Km)	CLOURUROS	SULFATOS	PH
N°01	Rio Cumbaza- sector Alfonso Ugarte y Chontamuyo	0.00030 mg/l	0.00002 mg/l	8.15

Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

3.1.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS

3.1.4.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO

Para el estudio se consideran dos tipos de estructuras cuando se trata de vías urbanas el pavimento flexible que incluye como rodadura una carpeta asfáltica y para el estudio de investigación y comparación de ha tomado el pavimento semirrígido.

Las condiciones para la elección de uno de ellos, son vida útil del camino, materiales disponibles, equipos de construcción y los costos de obra.

Para nuestro caso ha primado la opción del pavimento flexible con carpeta bituminosa en caliente, teniendo en cuenta el criterio técnico de la especialidad vial, así como el factor económico, pues dadas las condiciones de diseño de la vía se asegura un importante periodo de duración del pavimento comparado con tratamientos convencionales o mezclas en frío y finalmente es destacable el hecho que las estructuras de concreto son naturalmente más costosas y de complicado mantenimiento.

En los últimos años el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha Beneficiado a la Región San Martín con la rehabilitación de la Carretera Marginal “Fernando Belaunde Terry” para lo cual Entidades

Ejecutoras dedicadas a la construcción de carreteras en el país vienen laborando en la zona, ello posibilita que materiales e insumos de pavimentación se encuentren disponibles, por tanto, es técnica, económicamente y experiencia en la construcción vial en zona de selva.

El eficiente comportamiento de los pavimentos depende entre otros aspectos de un correcto sistema de drenaje superficial y subterráneo, es por ello que muchas obras ejecutadas en la región han reportado exiguos periodos de vida útil por carencia de drenaje y falta de mantenimiento del mismo, ante tal situación, la obra deberá tener un seguimiento técnico periódico, para preservar la inversión efectuada.

3.1.4.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD

En la zona predomina un clima Templado típico de la selva tropical, cálida, húmeda, sub tropical, primaveral y benigno durante todo el año, notándose épocas de marcadas y fuertes precipitaciones en los meses de noviembre a abril, con una temperatura que oscila entre los 18°C y 28°C, siendo el promedio anual de 24°C, las precipitaciones anuales están alrededor de 1400mm. Recomendándose evitar estos meses para cualquier tipo de construcción ya que conllevará atrasos, ampliaciones presupuestales, reprogramaciones del plazo de entrega, entre otros aspectos negativos, por lo que el Ingeniero Residente deberá prever planes de contingencia para alcanzar sus objetivos ante el proyecto.

Existen dos estaciones; estas dos estaciones son: Una seca, generalmente de mayo a septiembre – octubre, y una lluviosa de diciembre hasta abril; sin embargo, en diciembre inclusive en enero se presentan escasas precipitaciones. En cuanto a los vientos, se establece que la velocidad básica en la zona del proyecto es de 55 km/h a 10 metros sobre el suelo para un periodo de retorno de 50

años; sin embargo, se deberá tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

3.1.4.3. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL Y ANÁLISIS DE TRÁFICO

3.1.4.3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL VOLUMEN PROMEDIO DIARIO

Para calcular el volumen diario se ha tomado en cuenta el resultado obtenido del conteo de los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo en el sentido de Sur a Norte y viceversa.

3.1.4.4. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Estos conteos de volumen y clasificación vehicular se realizaron para cada sentido del tránsito, durante 10 horas al día.

3.1.4.5. RESULTADOS OBTENIDOS

Habiéndose realizado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, y tomando como conteo de tráfico promedio diario el que nos dio mayor volumen, el que fue realizado en el **mes de enero del 2021**, se obtuvieron los resultados siguientes:

3.1.4.6. CLASIFICACIÓN VEHICULAR DE IMD

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual está conformada de la siguiente manera.

Vehículos Ligeros	80.00%
Vehículos Pesados	20.00%

Tabla 12: CLASIFICACIÓN PARA DISEÑO

Tipo de Tránsito	: Mediano - Pesado		
Indice Medio Diario	: 450 Vehiculos		
Vehiculos Pesados	: 80.00 %		
Vehiculos Pesados	: 20.00 %		
	Veh. Ligeros hasta 4000 lbs/eje	= 226 Vehiculos	} 80.00 % (Vehiculos Livianos)
	Veh. Ligeros > 4000 lbs/eje pero < 8000 lbs/eje	= 148 Vehiculos	
	Vehiculos H15 - S12	= 36 Vehiculos	} 20.00 % (Vehiculos Pesados)
	Vehiculos H15 - S16	= 25 Vehiculos	
	Vehiculos H20 - S16	= 15 Vehiculos	

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martin – San Martin"

3.1.4.7. FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO (FCA)

Para poder hacer un estudio comparativo del diseño de pavimento rígido y flexible, se establecerá un periodo de diseño de 20 años. La tasa de crecimiento promedio anual de la población que se considerará, será un valor del 4.0% anual. El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14 establece los valores para el factor de crecimiento acumulado (Fca).

Se puede el crecimiento de transito utilizando una formula simple:

Tabla 13: TASA DE CRECIMIENTO

Condiciones del Tipo de Carretera	: Pavimentadas con bajo volumen de tránsito
Clasificación Funcional	: Arteria principal
Número de Carriles	: 02 carriles
Periodo de Diseño "Pd"	: 20 años
Tasa de Crecimiento de Anual de Tránsito	: 4.0 %
Indice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	: Pi = 4.0
Indice de Serviciabilidad Final (Pf)	: Pf = 2.0
C.B.R. Sub Rasante Natural	: 10.20 %
C.B.R. Sub Base	: 43.00 %
C.B.R. Base	: 81.00 %
Temperatura Media de la Zona	: 26.0 ° C
Calidad de Drenaje	: Buena

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martin – San Martin"

Ilustración 5: FACTOR DE CRECIMIENTO

$$\begin{aligned} \text{Cálculo del Factor de Crecimiento :} \quad \text{Factor de Crecimiento} &= \frac{(1+r)^n - 1}{r} \\ \text{Factor de Crecimiento} &= 29.78 \end{aligned}$$


Fuente: Expediente Técnico “Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín”

3.1.4.8. CÁLCULO DE FACTORES DE EJES EQUIVALENTES (E.E) Y FACTOR VEHÍCULO PESADO (FVP)

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.

Tabla 14: CONFIGURACIÓN DE EJES

Conjunto de Eje (a)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple + 1 Eje de 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	
---------------------------------	-----	----	---

Nota:

RS: Rueda Simple

RD: Rueda Doble

Fuente: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

3.1.4.9. DETERMINACION DEL NÚMERO DE EJE EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO PARA PERIODO DE DISEÑO

Tabla 15: NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

Tipo de Vehículo	Nº veh./día (02 sent.)	Nº veh./día (01 sent.)	Nº veh./año	F.C.	ESAL en carril de diseño	Factor de Crecimiento	ESALdiseño
Veh. Ligeros hasta 4000 lbs.	226.00	113.00	41,245.00	0.002	82.50	29.78	2457.00
Veh. Ligeros entre > 4000 lbs. hasta 8000 lbs.	148.00	74.00	27,010.00	0.030	810.30	29.78	24131.00
Veh. Comerc. H15 - S12	36.00	18.00	6,570.00	3.560	23,389.20	29.78	696530.00
Veh. Comerc. H15 - S16	25.00	12.50	4,562.50	2.530	11,543.10	29.78	343754.00
Veh. Comerc. H20 - S16	15.00	7.50	2,737.50	8.590	23,515.10	29.78	700280.00
Total	450.00	225.00	82,125.00	14.71	59,340.20		1,767,152.00
						W₁₈ =	1.77E+06

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados y tipo de pavimento:

Ilustración 6: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

<u>Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}) :</u>	$W_{18} = D_D \times D_L \times W^o_{18}$	
	Se considera para :	$D_D = 0.50$ (Factor de Distribución Direccional) $D_L = 1.00$ (Factor de Distribución por Carril)
	Entonces :	$W_{18} = 883,576.00$ $W_{18} = 8.84E+05$
<u>Factor de Confiabilidad "R" :</u>	R =	95 % (Para una via cuya funcionabilidad es de arteria principal)
<u>Desviación Estandar Normal "Zr" :</u>	Zr =	-1.645 (Obtenido en función de la confiabilidad)
<u>Perdida por Serviciabilidad "ΔPSI" :</u>	ΔPSI =	Pi - Pf ΔPSI = 2.00
<u>Módulo Resiliente Efectivo del Suelo "Mr" :</u>	Mr =	$3000 \times C.B.R.^{0.65}$ (En psi) \Rightarrow Ec. "a" $4326 \times \ln(C.B.R.) + 241$ (En psi) \Rightarrow Ec. "b"
a. Módulo resiliente de sub rasante natural	=	13574 psi = 13.57 ksi
b. Módulo resiliente de sub base granular	=	16512 psi = 16.51 ksi
c. Módulo resiliente de base	=	19251 psi = 19.25 ksi
<u>Error Estandar "So" :</u>	So =	0.45 (Se recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Tabla 16: NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO "SN"

a. Número estructural requerido para Sub Rasante Natural :

$$\begin{aligned}
 SN &= 2.70 \\
 \log_{10}(W_{18}) &= Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07 \\
 5.90 &= 5.80
 \end{aligned}$$

b. Número estructural requerido para Sub Base Granular :

$$SN = 2.50$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$5.90 = 5.80$$

c. Número estructural requerido para Base Granular :

$$SN = 2.30$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$5.90 = 5.70$$

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Tabla 17: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2 \text{ ton}}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$
P= peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos

Tabla 18: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2 \text{ ton}}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P/13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P/13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P/16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P/17.5]^{4.0}$
P= peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (E.E.) entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.

Tabla 19: FACTOR CAMIÓN C2 Y C3 PARA PAVIMENTOS

Pavimento Semirrígido			Pavimento Rígido		
CAMIÓN C2			CAMIÓN C2		
Ejes	E1	E2	Ejes	E1	E2
Carga (tn)	7	10	Carga (tn)	7	10
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.265	2.212	Factor E.E	1.273	2.256
Total Factor Camión	3.477		Total Factor Camión	3.529	

CAMIÓN C3		
Ejes	E1	E2
Carga (tn)	7	16
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tándem
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.265	2.261
Total Factor Camión	2.256	

CAMIÓN C3		
Ejes	E1	E2
Carga (tn)	7	10
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tándem
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.273	2.134
Total Factor Camión	3.406	

Fuente: Elaboración propia

3.1.4.10. FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICOS (FP)

Otro de los factores a ser considerados en la determinación del Número de Repeticiones de EE es el efecto de la presión de contacto de los neumáticos. Para el presente caso, se consideró un factor igual a 1.0, siguiendo las recomendaciones del Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, se utilizó como presión inicial 80 psi para un pavimento flexible.

Tabla 20: FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (FP) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90 x [Presión de Inflado del Neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94

150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Fuente: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

Nota:

- EE= Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): está referido al promedio de pensiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto de Neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesados.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según el análisis del número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn, el tipo de tráfico Pesado es TP1 con un rango entre >150,000 EE < 300,000 EE. Este datos nos ayudara para el diseño de pavimento.

Tabla 21: NÚMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2TN, EN EL CARRIL DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEMIRRIGIDO

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE

T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE

Fuente: Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

3.2.1. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - MÉTODO AASHTO 93

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitud de las distintas secciones ensayadas.

A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original.

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo (M_R), tránsito total (W_{18}), de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales. Para determinar el número estructural, el método se apoya en la siguiente ecuación:

Ilustración 7: ECUACIÓN DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

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

Fuente: Guía AASHTO 1993 Para el Diseño de Estructuras de Pavimento

Donde:

- W_{18} = número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18 kip (80 kN) hasta el tiempo t en el cual se alcanza $ISP = pt$
- SN = número estructural
- ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal
- M_R = módulo resiliente de la subrasante (libras/pg²)
- S_o = desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.44-0.49)
- Z_R = parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.

Una vez determinado el número estructural requerido se busca un conjunto de espesores que combinados adecuadamente y teniendo en cuenta parámetros como los coeficientes estructurales y de drenaje garanticen un número estructural efectivo mayor o igual requerido para soportar las solicitudes de tránsito esperadas en el periodo de diseño. El número estructural efectivo se determina por medio de la siguiente ecuación:

Ilustración 8: ECUACIÓN QUE RELACIONA AL NÚMERO ESTRUCTURAL CON LOS ESPESORES DE LA CAPA

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

Fuente: Guía AASHTO 1993 Para el Diseño de Estructuras de Pavimento

Donde:

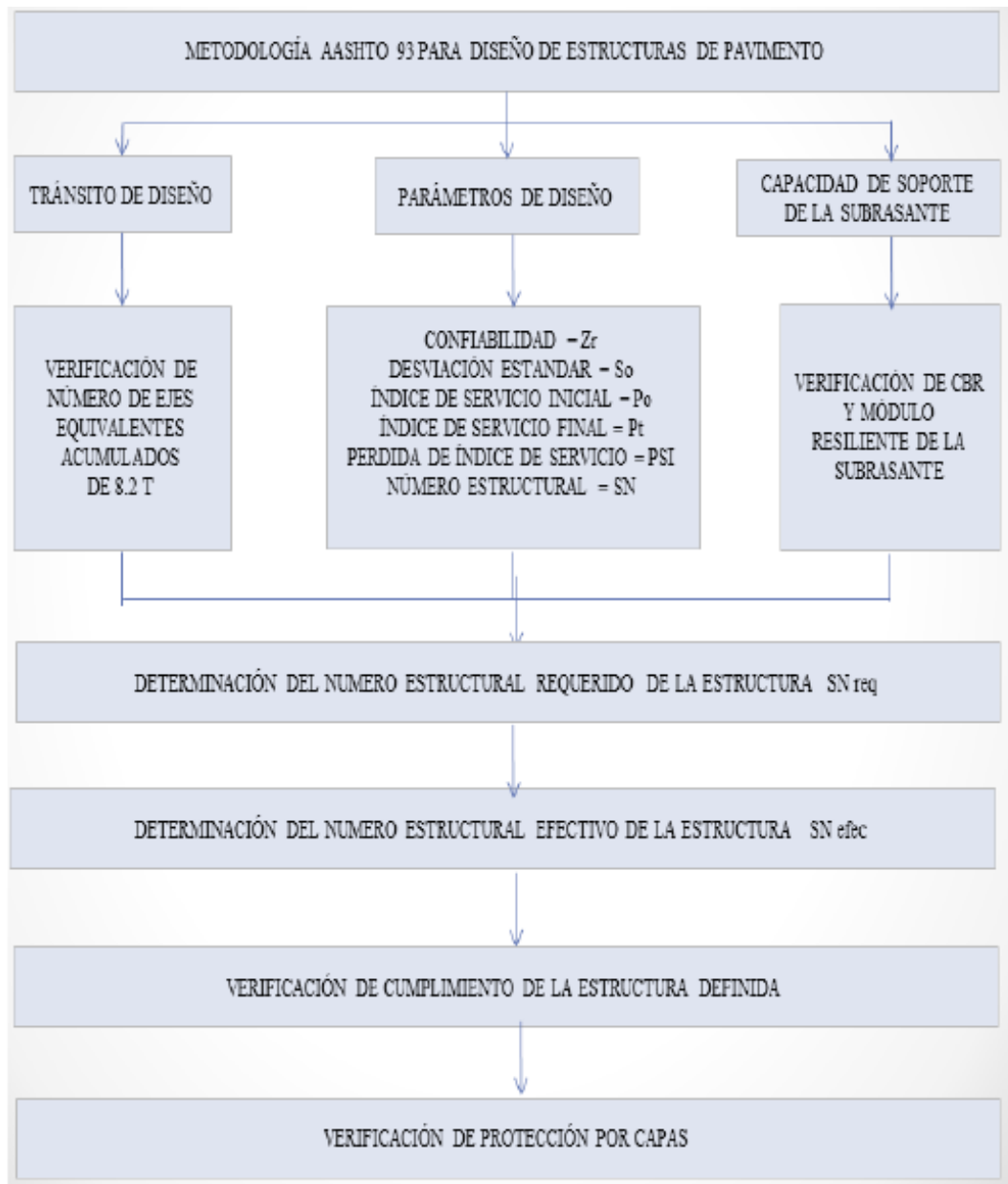
- a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales de la capa asfáltica, base granular y subbase granular (in)
- D_1, D_2, D_3 : Espesores de la capa asfáltica, base granular y subbase granular (in)
- m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje para base granular y subbase granular.

El método descrito en el acápite anterior menciona términos que permiten claridad en el desarrollo de este proyecto, una estructura de pavimento es un conjunto de capas superpuestas normalmente carpeta asfáltica y granulares, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los materiales granulares son agregados naturales clasificados o provenientes de la trituración de rocas o gravas usados para conformar las capas de apoyo sobre las cuales se construye la carpeta asfáltica.

Con respecto a la tesis se pudo establecer que el objeto de la misma consistió en buscar la alternativa más viable desde el punto de vista técnico y económico para la estructura del pavimento en el tramo de la vía que se encuentra a nivel de afirmado.

Considerando las diferentes metodologías se analizaron las estructuras que cada uno de estos métodos arrojó, de acuerdo a las propiedades de los suelos existentes, a las características climáticas de la región, a las características de resistencia de la sub rasante, a los materiales disponibles en la zona de influencia del proyecto y el tráfico que ha de soportar de acuerdo al estudio de tránsito y a la proyección de esta. Encontrando que la aplicación de los métodos de diseño establecidos cumple con los requerimientos establecidos y las estructuras obtenidas por medio de cada uno de los métodos las cuales fueron diseñadas.

Ilustración 9: MÉTODO DE DISEÑO GENERAL DE LA AASHTO 93



Elaboración propia

Tabla 22: VALORES RECOMENDADOS DE NIVEL DE CONFIABILIDAD PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMIONES	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Camiones de Bajo Volumen de Transito	T_{P0}	75,000	150,000	65%
	T_{P1}	150,000	300,000	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	75%
	T_{P3}	500,001	750,000	80%
	T_{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Camiones	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T_{P13}	20'000.001	25'000,000	95%
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T_{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos

3.2.2. COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)

Este representa el valor de confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. Con ayuda del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, nos proporciona un valor más exacto con relación al Rango de Tráfico en el cual le estimamos un valor de $-0.524 = Z_r = -0.524$.

Niveles sugeridos de confiabilidad de acuerdo a la clasificación funcional del camino R

$$F_R = 10^{-Z_R S_o}$$

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado			
	Urbana		Rural	
Interestatales y vías rápidas	85	99.9	80	99.9
Arterias principales	80	99	75	95
Colectoras	80	95	75	95
Locales	50	80	50	80

Fuente: Expediente Técnico "Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles del AA. VV. Dos de Febrero y la Banda de Shilcayo, del distrito de la Banda de Shilcayo, San Martín – San Martín"

Tabla 23: COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R) PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 O 20 AÑOS) SEGÚN EL NIVEL DE CONFIABILIDAD SELECCIONADO Y EL RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMIONES	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Z _R)
Camiones de Bajo Volumen de Transito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Camiones	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}		>30'000,000	-1.645

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.

3.2.3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (SO)

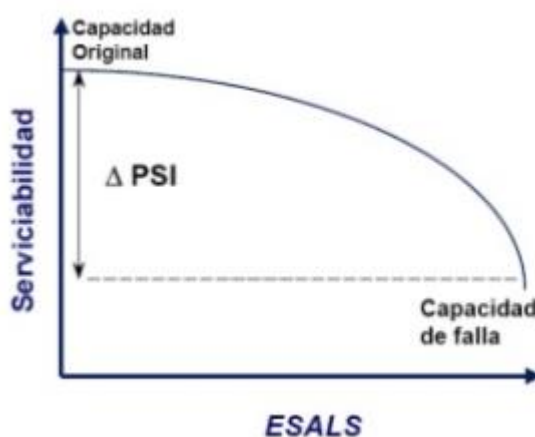
La Guía AASTHO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50. En la etapa de diseño del pavimento flexible se recomienda el valor de: $S_o = 0.45$

Confiabilidad, R , en porcentaje	Desviación estándar normal, Z_R
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.

3.2.4. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)

El procedimiento de Diseño AASHTO predice del porcentaje de pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de eje. Entre mayor sea (Δ PSI) mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.



Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección Suelos y Pavimentos.

(ΔPSI) = diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, p_o , y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, p_t .

Es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento, con ayuda del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, nos proporciona un valor más exacto con relación al Rango de Tráfico en el cual le estimamos un valor de:

$$p_o = \text{Índice de Servicio Inicial} = 3.80$$

$$p_t = \text{Índice de Servicio Final} = 2.00$$

$$\Delta PSI = 1.80$$

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Índice de Servicialidad, p	Calificación
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Tabla 24: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMIONS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P_I)
Camiones de Bajo Volumen de Transito	T_{P0}	75,000	150,000	3.80
	T_{P1}	150,001	300,000	3.80
	T_{P2}	300,001	500,000	3.80
	T_{P3}	500,001	750,000	3.80

	T_{P4}	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Camiones	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T_{P13}	20'000.001	25'000,000	4.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T_{P15}	>30'000,000		4.20

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.

Tabla 25: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMIONS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P_T)
Camiones de Bajo Volumen de Transito	T_{P0}	75,000	150,000	2.00
	T_{P1}	150,001	300,000	2.00
	T_{P2}	300,001	500,000	2.00
	T_{P3}	500,001	750,000	2.00
	T_{P4}	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Camiones	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50

	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T_{P13}	20'000.001	25'000,000	3.00
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T_{P15}	>30'000,000		3.00

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.

Tabla 26: DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI) SEGÚN RANGO DE TRÁFICO

TIPO DE CAMIONES	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Camiones de Bajo Volumen de Transito	T_{P0}	75,001	1500,000	1.80
	T_{P1}	150,001	300,000	1.80
	T_{P2}	300,001	500,000	1.80
	T_{P3}	500,001	750,000	1.80
	T_{P4}	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Camiones	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T_{P13}	20'000.001	25'000,000	1.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T_{P15}	>30'000,000		1.20

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.

3.2.5. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + 1094} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

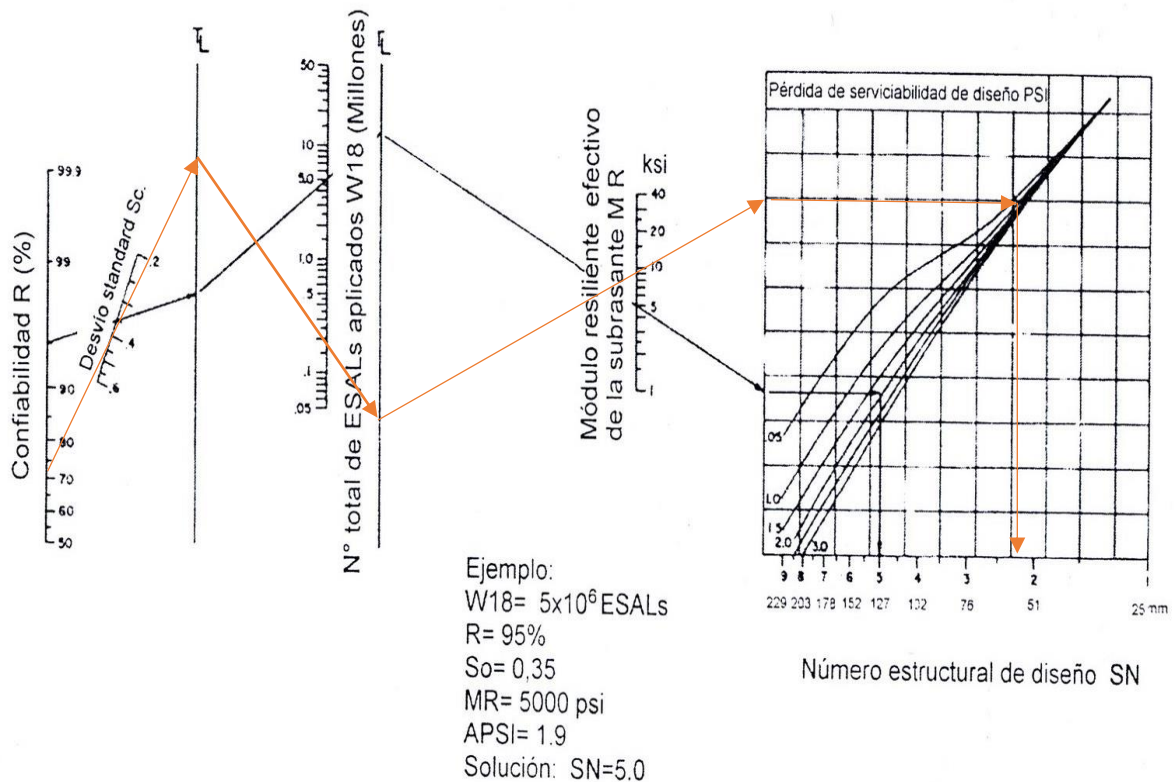
$$\frac{0.176091259}{(SN + 1)^{5.19}}$$

Datos:
 W18=162,239.47
 R = 70%
 Zr=-0.524
 So=0.45
 Mr(psi)=8,803.53
 ΔPSI = 1.80

$$4.57 = 9.36 \log_{10} (SN + 1) - \frac{0.176091259}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

$$SN = 2.12$$

Ilustración 10: Monograma para Pavimento Flexible



Fuente: Guía AASHTO 1993 Para el Diseño de Estructuras de Pavimento
 SN = 2.20

Tabla 27: CATÁLOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRÁFICO Y DE SUB RASANTE, CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE + BASE GRANULAR + SUB BASE GRANULAR

FIPO DE SUB RASANTE CLASE DE TRANSITO	INADECUADA CBR < 3% (*)	INSUFICIENTE 3% ≤ CBR < 6% (*)	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	ESCELENTE
			6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
T_p0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.136	1.871	1.557	1.392
T_p1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.470	2.165	1.809	1.625
T_p2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.702	2.367	1.979	1.780
T_p3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.956	2.593	2.173	1.959
T_p4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.107	2.725	2.283	2.059
T_p5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.434	3.012	2.521	2.274
T_p6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.866	3.395	2.841	2.561
T_p7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.206	3.707	3.105	2.797
T_p8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.63	4.103	3.449	3.107
T_p9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.837	4.300	3.624	3.267
T_p10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.092	4.552	3.869	3.501
T_p11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.226	4.679	3.985	3.609
T_p12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.341	4.883	4.173	3.786
T_p13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.097	5.323	4.580	4.172
T_p14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.052	5.460	4.708	4.293

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección: Suelos y Pavimentos.

Según el catálogo de números estructurales (SN) requeridos por tipo de tráfico y de sub rasante se determina que el SN es 2.47 debido a que tenemos un tránsito Tp1 y la sub rasante tiene un CBR de 6.91.

Para el diseño de pavimento se tomará el SN correspondiente al catálogo de números estructurales debido que este nos dará una mayor seguridad por ser el mayor valor encontrado en comparación del método analítico y el monograma.

Coeficientes Estructurales de las Capas de Pavimentación Basados en lo señalado según la norma: Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del Número Estructural de diseño son los siguientes:

$a_1 = 0.170$ (Capa Superficial recomendada para todos los tipos de tráfico)

$a_2 = 0.052$ (Capa de Base recomendada para tráfico < 1000000 EE)

$a_3 = 0.047$ (Capa de Sub Base recomendada)

Tabla 28: COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO a_1

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Máximo y de utilizarse como tal, El expediente de ingeniería debe ser explícito en cuanto a pautas de cumplimiento obligatorio como realizar: -Un control de calidad riguroso -Indicar un valor de Estabilidad Marshal, superior a 1000 kf-f

			-Alertar sobre la susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO 1993)
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micro pavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considera por no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm^2)	a_{2b}	0.070 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm^2)	a_{2c}	0.080 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUB BASE			
Sub base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

3.2.6. COEFICIENTE DE DRENAJE

Tradicionalmente las capas de sub base y base granular del pavimento fueron diseñadas solamente por aspectos de resistencia dando escasa importancia al drenaje.

Una buena base granular debe ser diseñada para drenar rápidamente el agua del pavimento, la drenabilidad del material o calidad de drenaje es función de varios aspectos incluyendo la permeabilidad del material, su distribución granulométrica, el porcentaje del material fino (pasante la malla N°200) y las condiciones geométricas de la superficie y sub rasante del pavimento.

La calidad de drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y sub base)

Calidad del drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Para las condiciones propias de la zona, donde las precipitaciones son frecuentes, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es mayor a 25%. En base a lo anterior y teniendo en cuenta que la vía tendrá un buen sistema de drenaje por corresponder a una construcción nueva, los coeficientes de drenaje para este caso $m_2 = 1.0$ y $m_3 = 1.0$.

Tabla 29: VALORES RECOMENDADOS DEL COEFICIENTE DE DRENAJE M_f
Para Bases y Sub Bases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	CALIDAD DEL DRENAJE	% DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMO A LA SATURACIÓN			
		MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	2 horas	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Insuficiente	1 mes	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	.80 – 0.60	0.60
Muy Insuficiente	El agua no drena	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos.

3.2.7. CÁLCULO DE LOS ESPESORES

Aplicando la ecuación que relaciona al número estructural con los espesores del pavimento para los parámetros indicados y un periodo de 20 años, se obtuvieron los siguientes valores: Con el SN = 2.47

se ingresa a la fórmula.

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

Tabla 30: VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
	T_{P1}	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry Seal): 12mm, o Micropavimento:25m Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm	150 mm

Caminos de Bajo Volumen de Tránsito				Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	
	T_{P2}	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micro pavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T_{P3}	500,001	750,000	Micro pavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T_{P4}	750 001	1,000,000	Micro pavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección: Suelos y Pavimentos.

Tabla 31: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Período de diseño 20 años

EE		T_{P0}	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}	T_{P5}	T_{P6}	T_{P7}
		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_R $2555 * CBR^{0.64}$	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm
CBR < 6%	≤ 8,040 psi (55.4 MPa)	25 cm	28 cm	20 cm	20 cm	20 cm	25 cm	25 cm	30 cm
		(*)	(*)	15 cm	16 cm	16 cm	17 cm	23 cm	24 cm
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040 psi (55.4 MPa) ≤ 11,150 psi (76.9 MPa)	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm
		25 cm	28 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	25 cm	30 cm
		(*)	(*)	15 cm	16 cm	16 cm	17 cm	23 cm	24 cm
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150 psi (76.9 MPa) ≤ 17,380 psi (119.8 MPa)	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	10 cm
		20 cm	23 cm	26 cm	27 cm	27 cm	20 cm	23 cm	26 cm
		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	15 cm	15 cm	15 cm
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380 psi (119.8 MPa) ≤ 22,530 psi (155.3 MPa)	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	10 cm
		15 cm	16 cm	19 cm	19 cm	19 cm	23 cm	26 cm	28 cm
		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
CBR ≥ 30%	> 22,530 psi (155.3 MPa)	5 cm	6 cm	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	9 cm	10 cm
		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	18 cm	20 cm	22 cm
		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia 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 período de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:

Para los espesores se planteó 3 Alternativas

Alternativa 1 2.17: $h_1=5\text{cm}$, $h_2=15\text{cm}$, $h_3=15$

$$2.47 = 0.170 \cdot 5 + 0.052 \cdot 15 \cdot 1 + 0.047 \cdot 15 \cdot 1$$

$$2.47 = 2.34$$

Alternativa 2 Carpeta Asfáltica en Caliente 12.8: $h_1=6\text{cm}$, $h_2=25\text{cm}$, $h_3=15$

$$2.47 = 0.170 \cdot 6 + 0.052 \cdot 20 \cdot 1 + 0.047 \cdot 15 \cdot 1$$

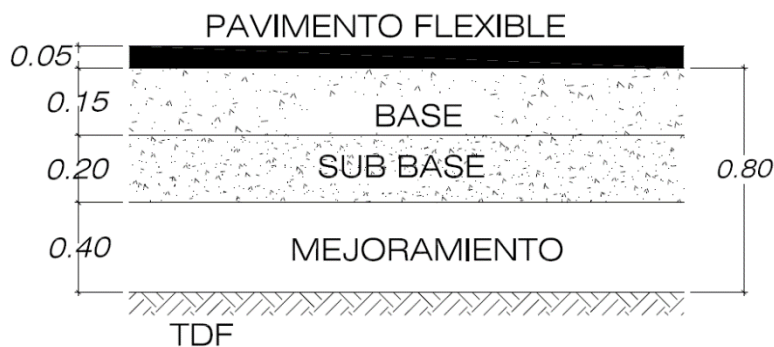
$$2.47 = 2.765$$

Alternativa 3 Carpeta Asfáltica en Caliente 12.8: $h_1=6\text{cm}$, $h_2=28\text{cm}$, $h_3=0$

$$2.47 = 0.170 \cdot 6 + 0.052 \cdot 28 \cdot 1 + 0.047 \cdot 0 \cdot 1$$

$$2.47 = 2.476$$

Ilustración 11: SECCIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: Elaboración propia

Adoptaremos la alternativa 2

De acuerdo al tipo de tránsito pesado calculado para nuestra zona de estudio nos indica un espesor de 6cm para la carpeta asfáltica, pero por razones constructivas asumiremos 7.5 cm (3")

El valor del CBR de la zona de estudio es regular por eso se optó por colocar una base de 25 cm.

3.2.3. DISEÑO DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO

Para el diseño de pavimento con adoquines de concreto se propone el método de diseño IPCI (Interlocking Concrete Pavement Institute), este es un proceso simplificado que toma en cuenta las siguientes guías de diseño: Structural Design of Concrete Block Pavement y la Guide for Design of Pavement Structures.

Espesores Mínimos de Adoquines de Concreto y Cama de Arena

Tabla 32: VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS

de Adoquín de Concreto y Cama de Arena

Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Cama de Arena
≤ 150,000		Adoquín de Concreto: 60mm	40 mm
150,001	7,500,000	Adoquín de Concreto: 80mm	40 mm
7,500,001	15'000,000	Adoquín de Concreto: 100mm	40 mm

*Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección Suelos y Pavimentos.*

El espesor mínimo constructivo para base granular es de 100 mm, para bases tratadas con asfalto 90 mm y para bases tratadas con cemento es de 100 mm.

De la misma manera el manual del MTC en el catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular período de diseño 15 años, nos indica que el espesor del adoquinado debe ser 6cm, la cama de arena 4cm

y la base granular de 28cm esto debido a que tenemos un tráfico de la clase Tp1 y un CBR de 6.91%.

Tabla 33: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON BASE GRANULAR PERÍODO DE DISEÑO 15 AÑOS

EE	T_p0	T_p1	T_p2	T_p3	T_p4	T_p5	T_p6	T_p7
		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
CBR < 6%	6 cm 4 cm 22 cm (*)	6 cm 4 cm 28 cm (*)	6 cm 4 cm 20 cm 15 cm (*)	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm (*)	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm (*)	8 cm 4 cm 25 cm 16 cm (*)	8 cm 4 cm 30 cm 20 cm (*)	8 cm 4 cm 30 cm 27 cm (*)
$\geq 6\%$ CBR < 10%	6 cm 4 cm 22 cm	6 cm 4 cm 28 cm	6 cm 4 cm 20 cm 15 cm	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm	8 cm 4 cm 25 cm 16 cm	8 cm 4 cm 30 cm 20 cm	8 cm 4 cm 30 cm 27 cm
$\geq 10\%$ CBR < 20%	6 cm 4 cm 17 cm	6 cm 4 cm 22 cm	6 cm 4 cm 26 cm	8 cm 4 cm 26 cm	8 cm 4 cm 26 cm	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm	8 cm 4 cm 25 cm 16 cm	8 cm 4 cm 26 cm 15 cm
$\geq 20\%$ CBR < 30%	6 cm 4 cm 15 cm	6 cm 4 cm 15 cm	6 cm 4 cm 20 cm	8 cm 4 cm 20 cm	8 cm 4 cm 20 cm	8 cm 4 cm 22 cm	8 cm 4 cm 28 cm	8 cm 4 cm 20 cm 15 cm
CBR $\geq 30\%$	6 cm 4 cm 15 cm	6 cm 4 cm 15 cm	6 cm 4 cm 15 cm	8 cm 4 cm 15 cm	8 cm 4 cm 15 cm	8 cm 4 cm 18 cm	8 cm 4 cm 25 cm	8 cm 4 cm 28 cm

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección Suelos y Pavimentos



Adoquín de
Concreto



Capa de Arena



Base Granular



Sub Base
Granular

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 período 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.

Por lo tanto, en el presente trabajo utilizaremos adoquines de espesor 8cm por ser el mínimo como indica el manual.

La cama de arena de 4cm y base granular de 28 cm como indica el catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular período de diseño 15 años

Ilustración 12: SECCIÓN PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO



Fuente: Elaboración propia

3.3. PRESUPUESTO

3.3.1. PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE

Tabla 34: CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA CON PAVIMENTO FLEXIBLE

PAVIMENTO FLEXIBLE	
Longitud	Cantidad
Jr. Vencedores C1 – C6	2,706.06m ²
Jr. Gregorio Sánchez C1 – C2	1,626.76m ²
Jr. Rosario Flores C1 – C5	2,148.36m ²
Jr. Adolfo Morey C1 – C5	2,719.72m ²
Prolong. San Martin C-1	454.27m ²
Total	9.656.17m²
Ancho de Vía	Cantidad
Jr. Vencedores C1 – C6	6.50 m
Jr. Gregorio Sánchez C1 – C2	6.50 m
Jr. Rosario Flores C1 – C5	6.50 m
Jr. Adolfo Morey C1 – C5	6.50 m
Prolong. San Martin C-1	6.50 m
Sección	
<p style="text-align: center;"><i>SECCION DE VIA</i></p> <p style="text-align: center;">PAVIMENTO FLEXIBLE</p> <p style="text-align: center;">0.05 0.15 0.20 0.40</p> <p style="text-align: center;">BASE SUB BASE MEJORAMIENTO</p> <p style="text-align: center;">TDF</p> <p style="text-align: center;">0.80</p> <p style="text-align: center;"><i>ESQUEMA SECCION TIPICA DE VIA</i></p>	

Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO - PAVIMENTO FLEXIBLE

Presupuesto 1101006 EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO, ENTRE LOS PAVIMENTOS: FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO EN VÍAS URBANAS, DEL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN
 Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE
 Cliente PAREDES CHILCÓN, Keiko Tamara - SALDAÑA ALVA, Michael Costo al 25/02/2021
 Lugar SAN MARTIN - SAN MARTIN - LA BANDA DE SHILCAYO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				1,024.11
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 1.70M x 4.00M	und	1.00	1,024.11	1,024.11
02	OBRAS PRELIMINARES				81,375.94
02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	9,656.17	3.52	33,989.72
02.02	TRAZO, NIVELACIO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	9,656.17	4.09	39,493.74
02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	7,892.48	7,892.48
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				290,579.13
03.01	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA EN MATERIAL	m3	6,734.53	7.87	53,000.75
03.02	TERRAPLEN CON MATERIAL SELECTO DE PRESTAMO	m3	1,346.91	61.82	83,265.98
03.03	PERFILADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	9,656.17	2.25	21,726.38
03.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	8,418.16	15.75	132,586.02
04	PAVIMENTO FLEXIBLE				840,009.61
04.01	SUB BASE GRANULA e=0.20 m	m3	1,931.23	47.32	91,385.80
04.02	BASE GRANULA e=0.15 m	m3	1,448.43	59.32	85,920.87
04.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	9,656.17	5.29	51,081.14
04.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	9,656.17	60.73	586,419.20
04.05	SELLO DE ARENA	m2	9,656.17	2.61	25,202.60
05	SEÑALIZACION VIAL				51,962.14
05.01	POSTES SEÑAL REGULADORA R-1	und	10.00	530.00	5,300.00
05.02	POSTES SEÑAL REGULADORA R-30	und	3.00	530.00	1,590.00
05.03	PINTADO DE PAVIMENTO (LINEAS DE CARRIL Y BORDE)	m	3,379.71	9.51	32,141.04
05.04	PINTADO DE TRAFICO (SIMBOLOS Y LETRAS)	m2	568.40	22.75	12,931.10
	COSTO DIRECTO				1,264,950.93
	GASTOS GENERALES (10.00%)				126,495.09
	UTILIDAD (10.00%)				126,495.09
				=====	
	SUB TOTAL				1,517,941.11
	IMPUESTO IGV (18.00%)				273,229.40
				=====	
	PRESUPUESTO TOTAL				1,791,170.51

SON : UN MILLON SETECIENTOS NOVENTIUN MIL CIENTO SETENTA Y 51/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. PRESUPUESTO PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

Tabla 35: CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA CON PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	
Longitud	Cantidad
Jr. Vencedores C1 – C6	2,706.06m ²
Jr. Gregorio Sánchez C1 – C2	1,626.76m ²
Jr. Rosario Flores C1 – C5	2,148.36m ²
Jr. Adolfo Morey C1 – C5	2,719.72m ²
Prolong. San Martin C-1	454.27m ²
Total	9,656.17m²
Ancho de Vía	Cantidad
Jr. Vencedores C1 – C6	6.50 m
Jr. Gregorio Sánchez C1 – C2	6.50 m
Jr. Rosario Flores C1 – C5	6.50 m
Jr. Adolfo Morey C1 – C5	6.50 m
Prolong. San Martin C-1	6.50 m
Sección	
<p style="text-align: center;"><i>SECCION DE VIA</i></p>	
<p style="text-align: center;"><i>ESQUEMA SECCION TIPICA DE VIA</i></p>	

Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO - PAVIMENTO SEMIRRIGIDO

Presupuesto 1101006 EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO, ENTRE LOS PAVIMENTOS: FLEXIBLE Y SEMIRRÍGIDO EN VÍAS URBANAS, DEL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN
 Subpresupuesto 002 PAVIMENTO SEMIRRIGIDO
 Cliente PAREDES CHILCÓN, Keiko Tamara - SALDAÑA ALVA, Michael Costo al 25/02/2021
 Lugar SAN MARTIN - SAN MARTIN - LA BANDA DE SHILCAYO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				1,024.11
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 1.70M x 4.00M	und	1.00	1,024.11	1,024.11
02	OBRAS PRELIMINARES				81,375.94
02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	9,656.17	3.52	33,989.72
02.02	TRAZO, NIVELACIO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	9,656.17	4.09	39,493.74
02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	7,892.48	7,892.48
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				193,741.64
03.01	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA EN	m3	3,379.66	7.87	26,597.92
03.02	TERRAPLEN CON MATERIAL SELECTO DE PRESTAMO	m3	1,010.18	61.82	62,449.33
03.03	PERFILADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	9,656.17	2.25	21,726.38
03.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	5,267.81	15.75	82,968.01
04	PAVIMENTO SEMIRRIGIDO				724,116.03
04.01	CONFORMACION DE SUB RASANTE CON	m2	9,656.17	5.10	49,246.47
04.02	BASE GRANULA e=0.25 m	m3	2,414.04	59.32	143,200.85
04.03	CONFORMACION DE CAMA DE ARENA PARA	m2	9,656.17	7.20	69,524.42
04.04	PISO DE ADOQUIN DE CONCRETO	m2	9,656.17	45.25	436,941.69
04.05	SELLO DE ARENA	m2	9,656.17	2.61	25,202.60
05	SEÑALIZACION				51,962.14
05.01	POSTES SEÑAL REGULADORA R-1	und	10.00	530.00	5,300.00
05.02	POSTES SEÑAL REGULADORA R-30	und	3.00	530.00	1,590.00
05.03	PINTADO DE PAVIMENTO (LINEAS DE CARRIL Y	m	3,379.71	9.51	32,141.04
05.04	PINTADO DE TRAFICO (SIMBOLOS Y LETRAS)	m2	568.40	22.75	12,931.10
	COSTO DIRECTO				1,052,219.86
	GASTOS GENERALES (10.00%)				105,221.99
	UTILIDAD (10.00%)				105,221.99
				=====	
	SUB TOTAL				1,262,663.84
	IMPUESTO IGV (18.00%)				227,279.49
				=====	
	PRESUPUESTO TOTAL				1,489,943.33

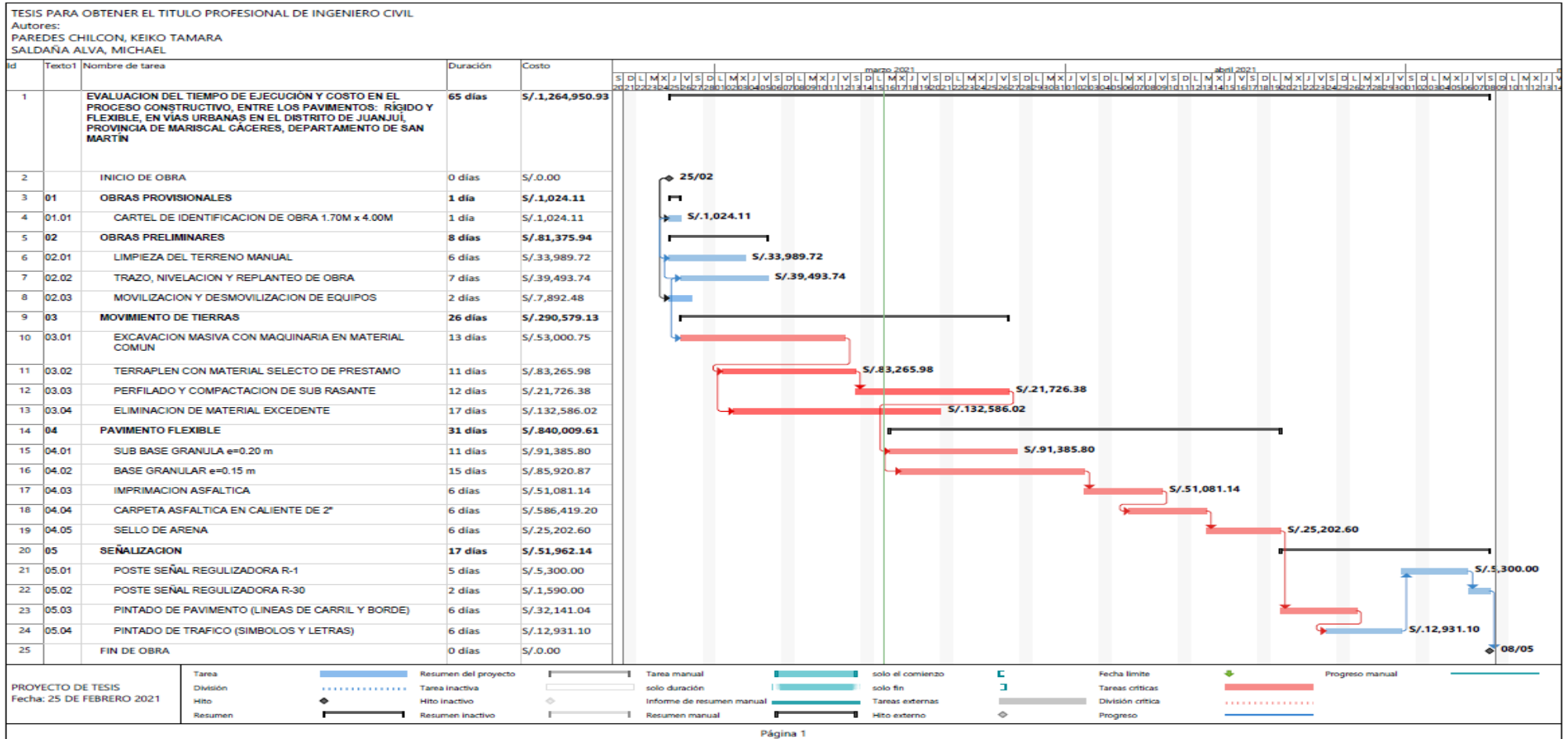
SON : UN MILLON CUATROCIENTOS OCHENTINUEVE MIL NOVECIENTOS CUARENTITRES Y 33/100

Fuente: Elaboración propia

3.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN

3.4.1. TIEMPO DE EJECUCIÓN PAVIMENTO FLEXIBLE

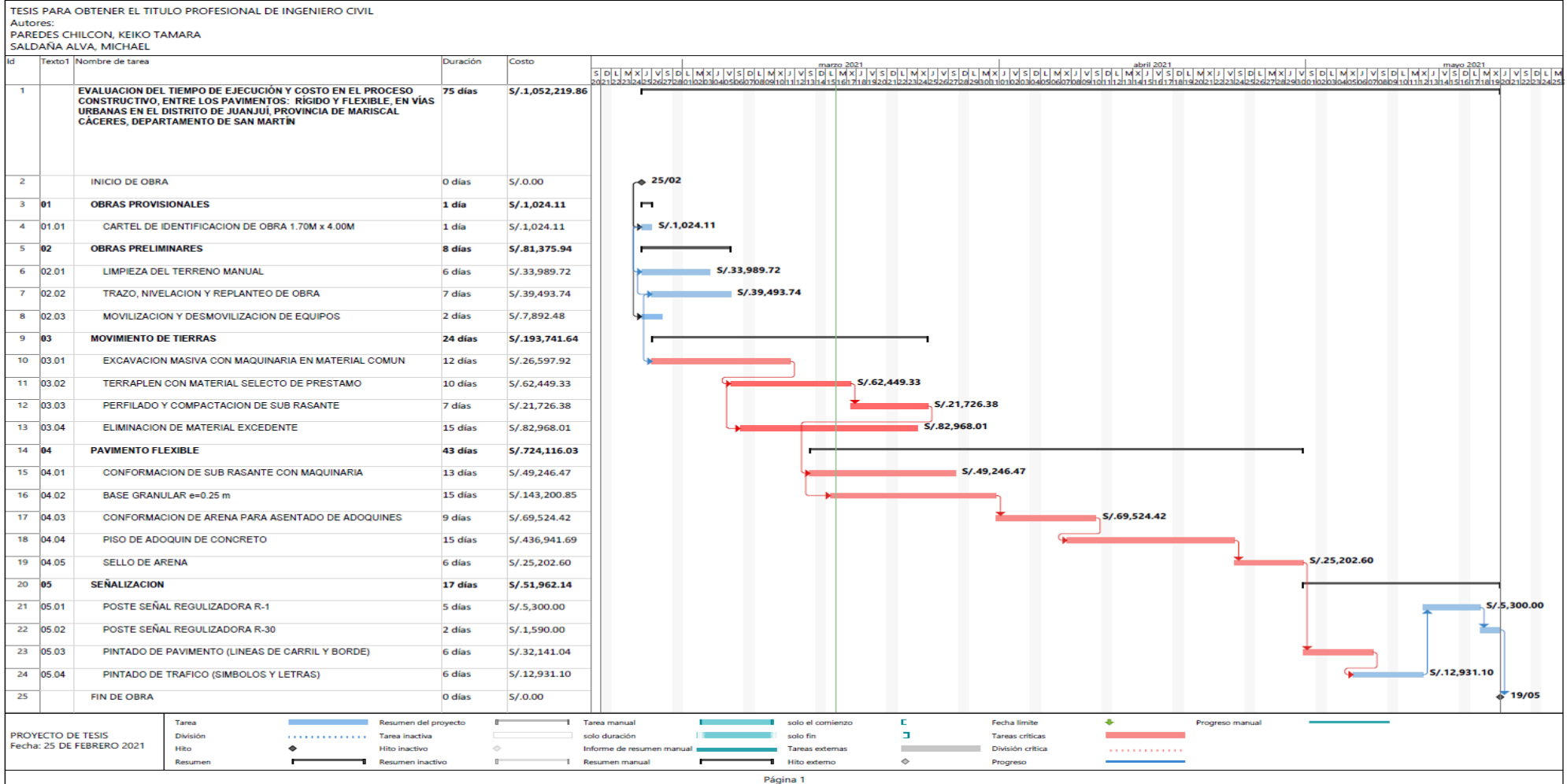
Ilustración 13: PROGRAMACIÓN DE OBRA PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN PAVIMENTO RÍGIDO.

Ilustración 14: PROGRAMACIÓN DE OBRA PAVIMENTO SIMIRRÍGIDO



Fuente: Elaboración propia

3.5. RESULTADOS OBTENIDOS

- El conteo de vehículos se tomó en 7 días calendarios, desde el día 18 hasta el día 24 de enero del presente año, también se tomó como periodo de diseño 20 años, para así poder hacer un análisis comparativo de los pavimentos, lo cual nos dio como resultado un EAL anual de:

Tabla 36: NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN

Jr. Vencedores C1 – C6 Jr. Gregorio Sánchez C1 – C2 Jr. Rosario Flores C1 – C5 Jr. Adolfo Morey C1 – C5 Prolong. San Martín C-1	Pavimento Flexible	Pavimento Semirrígido
Nº rep. de EE 8.2 tn	176,712.20	176,712.20

Fuente: Elaboración propia

- Con respecto al estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación, se realizó 26 calicatas en todo el tramo con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área en estudio el cual se viene ejecutando, paralelamente se muestreo el registro de las calicatas bajo la Norma A.S.T.M. D 2488 anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados. Al mismo tiempo se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Tabla 37: RESUMEN CARACTERÍSTICAS DEL SUB - RASANTE

Nº Calicata	Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	Humedad Óptima (%)	CBR (%) 95%	CBR (%) 100%
C-1	2.07	9.70	9.07	10.43
C-2	1.93	17.17	9.07	10.43
C-3	1.92	16.72	9.07	10.43
C-4	1.91	12.85	9.07	10.43
C-5	2.04	6.48	9.07	10.43
C-6	1.86	16.12	9.07	10.43
C-7	1.91	14.70	11.75	14.03
C-8	1.92	16.72	11.75	14.03
C-9	1.92	16.04	11.75	14.03
C-10	2.01	15.40	17.02	19.99
C-11	1.91	15.25	17.02	19.99
C-12	1.92	18.24	17.02	19.99
C-13	1.98	15.11	13.79	17.00
C-14	1.92	16.52	12.13	15.40
C-15	2.04	6.48	11.25	14.35
C-16	1.96	14.92	12.12	13.40
C-17	2.05	13.29	12.95	13.75
C-18	2.72	19.06	12.90	13.65
C-19	2.06	14.46	13.45	15.05
C-20	2.05	15.22	12.80	13.55
C-21	2.03	9.72	11.25	13.85
C-22	2.05	9.65	12.45	13.90
C-23	1.98	13.79	11.75	14.25
C-24	1.95	8.78	9.65	13.30
C-25	1.90	13.90	12.45	14.05
C-26	2.00	17.134	12.90	13.55

Fuente: Elaboración propia

Lo que resulta un CBR de diseño de 12.02%

- El diseño del pavimento se realizó con el Método de AASHTO-93, con el cual se determinaron los parámetros de diseño para los pavimentos flexibles y semirrígidos, siendo estos los siguientes:

Tabla 38: CUADRO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS

Parámetros	Pavimento Flexible	Pavimento Semirrígido
EAL	176,712.20	176,712.20
Periodo de Diseño	20 años	15 años
CBR	6.91%	6.91%
Serviciabilidad Inicial	3.80	4.10
Serviciabilidad Final	2.00	2.00
Factor de Confiabilidad	70%	70%
Desviación Estándar	0.45	0.35
Número Estructural	2.47	-
Módulo de Reacción del Terreno	-	169.83 psi
Módulo de Rotura del Concreto	-	757 psi
Módulo de Elasticidad del Concreto	-	3'597,113 psi
Coeficiente de Drenaje	1.00	1.00
Transferencia de Carga	-	3.80

Fuente: Elaboración propia

- Para determinar los espesores, nos apoyamos del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, de lo cual se obtuvo los siguientes espesores:

Tabla 39: SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

Tipo	Espesores
<p>Pavimento flexible</p>	<p style="text-align: center;">PAVIMENTO FLEXIBLE</p>
<p>Pavimento Semirrígido</p>	<p style="text-align: center;">PAVIMENTO SEMIRRIGIDO</p>

Fuente: Elaboración Propia

- En presupuesto obtenido no se tomó en consideración el costo de mantenimiento:

Pavimento Flexible : **S/. 1,791,170.51**

Pavimento Semirrígido : **S/. 1,489,943.33**

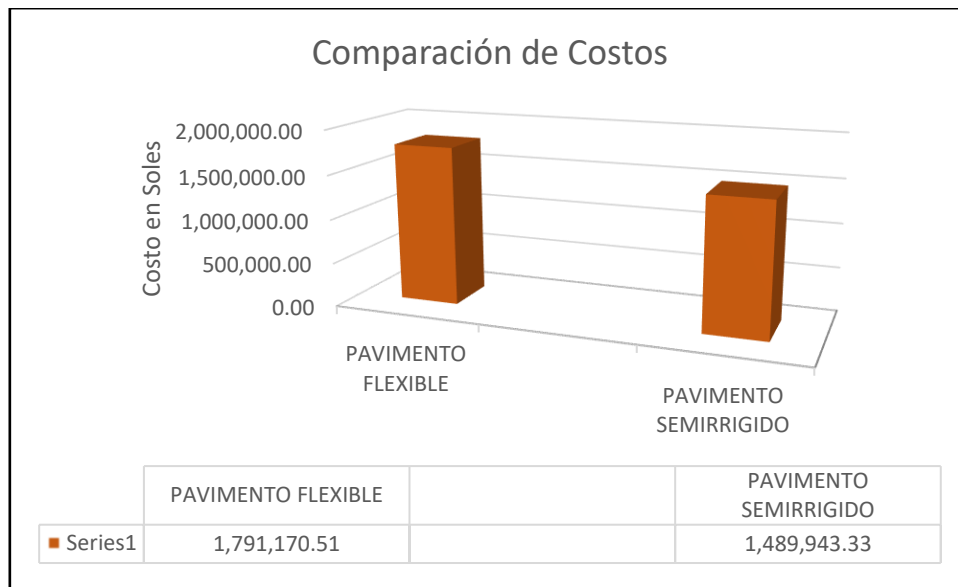
CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO

Tabla 40: CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO – ECONÓMICO

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO SEMIRRIGIDO
PRESUPUESTO TOTAL	S/.	1,791,170.51	1,489,943.33
COSTO DIRECTO POR M2	S/.	185.49	154.30
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/.	157.20	130.62
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	65	75
DURABILIDAD	AÑOS	15-20	10-15

Fuente: Elaboración Propia

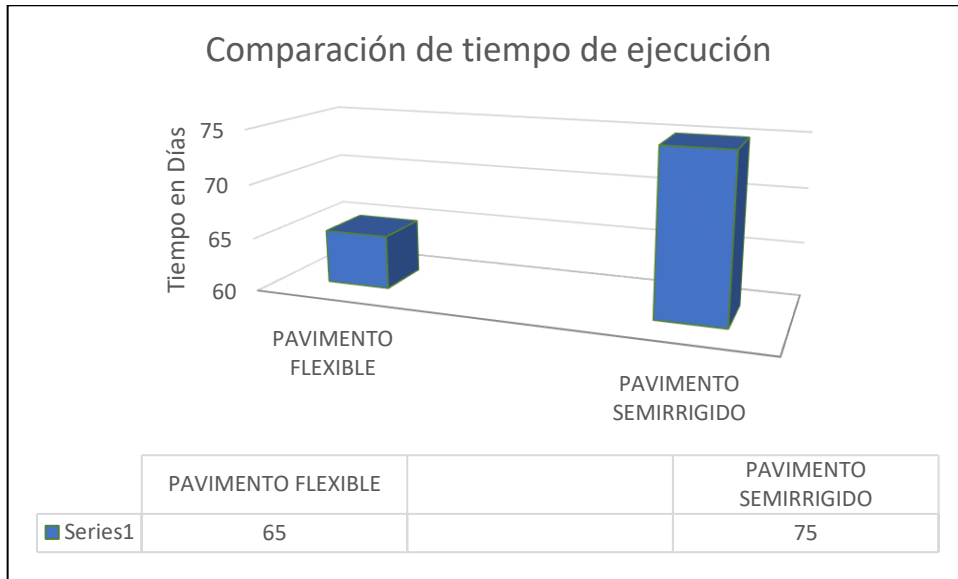
Ilustración 15: Comparación de Costos



Fuente: Elaboración Propia

- En el grafico se puede apreciar que el pavimento flexible es el que tiene un mayor costo con S/ 1'791,170.51 y seguido del pavimento semirrígido con S/ 1,489,943.33.

Ilustración 16: Comparación de Plazos de Ejecución



Fuente: Elaboración Propia

- En el gráfico se aprecia que el pavimento semirrígido tiene un mayor plazo de ejecución con 75 días y el Pavimento Flexible con 65 días.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La construcción de pavimentos, ya sea vía principal, colectora, troncal o de servicio de gran importancia para la comunidad, debido al impulso económico que genera. En esta tesis se expone el proceso constructivo del pavimento flexible y del semirrígido, el cual comprende varias etapas, como diseño, ejecución y mantenimiento de los mismos, así como las diferentes aplicaciones que poseen, en base a las normas y especificaciones vigentes para su construcción.
- El análisis y su posterior estudio sobre el pavimento flexible y el semirrígido en el presente trabajo de investigación, está enfocado en dos aspectos principales, el funcional, en el cual tiene gran preponderancia el diseño, y por otro lado el económico, donde interviene el costo inicial de cada alternativa y el costo de conservación durante su vida de servicio. Para el Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero de La Banda de Shilcayo, distrito de La Banda de Shilcayo - San Martín - San Martín - I Etapa, nos entrega como mejoramiento del terreno de fundación 400mm de espesor para dar estabilidad y conformación al terreno natural, 200mm de sub base y 150mm de base como espesor mínimo exigidos por el Manual de Carreteras, este pavimento se caracteriza como un gran distribuidor de cargas, ya que la capacidad de soporte de cargas verticales provenientes de los vehículos está dada por la carpeta asfáltica, y por otro lado el pavimento semirrígido nos entrega como mejoramiento del terreno natural 300mm para estabilizar el terreno de fundación y 250mm de base que cumple la función de impermeabilizado y transmisión de cargas dada por la colocaciones de adoquines, con todo ello, se logra afirmar que ambas alternativas cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a través de su vida útil, tomando en consideración que la

ejecución de ambos conlleva un estricto control de calidad que garantiza durabilidad y buen funcionamiento.

- Haciendo el análisis comparativo costo - tiempo de ejecución, concluimos que el diseño óptimo para el Mejoramiento de la Infraestructura Vial Urbana de las principales calles de la AA.VV. Dos de Febrero de La Banda de Shilcayo, distrito de La Banda de Shilcayo, San Martín - San Martín - I Etapa, es el Pavimento Semirrígido, al tener un costo menor del 16.82% respecto del pavimento flexible, en función al tiempo de ejecución el pavimento flexible se ejecuta 13.33% más rápido que el pavimento semirrígido ya que el pavimento flexible se ejecuta en 65 días calendarios y el pavimento semirrígido se ejecuta en 75 días calendarios.
- Al realizar el presupuesto de los pavimentos flexibles y pavimentos semirrígidos se concluyó que los costos por metro cuadrado son:

Tabla 41: CUADRO COMPARATIVO FINANCIERO

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO
COSTO DIRECTO POR M2	S/	185.49	154.30
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/	157.20	130.62

Fuente: Elaboración propia

- Realizando la programación de los trabajos a ejecutarse en el pavimento flexible y pavimento semirrígido, se concluyó que los tiempos de ejecución son:

Tabla 42: CUADRO COMPARATIVO TIEMPO DE EJECUCIÓN

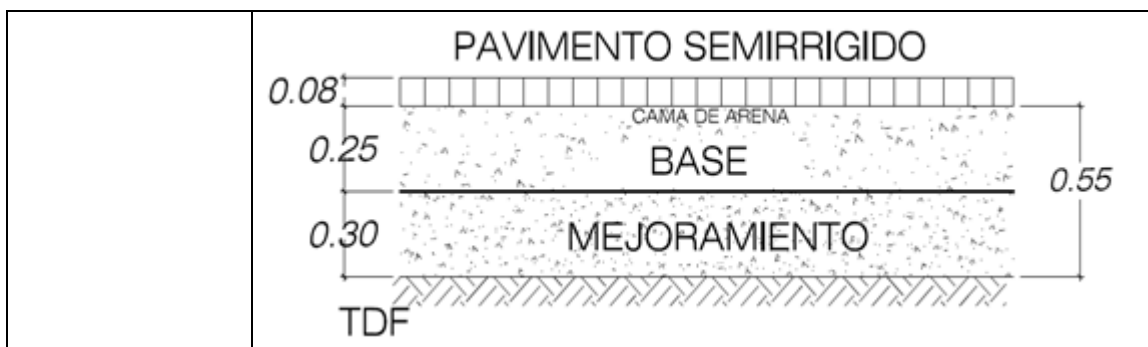
INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	65	75

Fuente: Elaboración propia

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.
- Concluimos indicando que, dentro del diseño del Pavimento Flexible y Pavimento Semirrígido, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93 se tiene las siguientes estructuras:

Tabla 43: CUADRO RESUMEN DE ESPESORES DE LOS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

Tipo	Espesores
Pavimento flexible	<p>El diagrama muestra la estructura de un pavimento flexible con las siguientes capas y espesores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pavimento Flexible: 0.05 Base: 0.15 Sub Base: 0.20 Mejoramiento: 0.40 <p>El total de espesores de las capas es de 0.80. La base de apoyo es TDF.</p>
Pavimento Semirrígido	



Fuente: Elaboración propia

Según el diseño y cálculo de volúmenes de obra se obtuvo el siguiente cuadro comparativo del pavimento flexible y pavimento rígido:

Tabla 44: CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO-FINANCIERO

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO SEMIRRIGIDO
PRESUPUESTO TOTAL	S/.	1,791,170.51	1,489,943.33
COSTO DIRECTO POR M2	S/.	185.49	154.30
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/.	157.20	130.62
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	65	75
DURABILIDAD	AÑOS	15-20	10-15

Fuente: Elaboración propia

- Puede verse, en el análisis realizado, que el costo del pavimento flexible es más alto que el del pavimento semirrígido; en cuanto a ejecución se refiere. Para ello debe de tomarse en cuenta que se realizó la comparación tomando en consideración los mismos parámetros de diseño.

4.2. RECOMENDACIONES

- Los pavimentos en estudio tienen diferentes características consideradas, que pueden ser bien aprovechadas, cada proyecto debe ser analizado minuciosamente para determinar cuál es la mejor opción en cada caso, haciendo un análisis cuidadoso y a conciencia de todos los factores que intervienen en el proyecto. Así como las condiciones del entorno, los estudios de ingeniería de tránsito, geotécnicos, de drenaje y subdrenaje, la disponibilidad de materiales y equipo de construcción.
- El pavimento rígido es también un tipo de pavimento recomendable para la zona de estudio ya que al hacer un comparativo de durabilidad tiene una mayor ventaja respecto al pavimento flexible.
- 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, no se obtendrá una alternativa definitiva. Por lo tanto, dependerá de las autoridades respectivas tomar la decisión acerca de qué tipo de pavimento emplear en un proyecto determinado, contando con los fondos y financiamiento necesarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma Técnica CE.10 Pavimentos Urbanos.
- Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos.
- Armando Medina Palacios y Marcos de la Cruz Puma. Evaluación de Pavimentos Flexibles aplicando el método del PCI. Tesis UPC – Lima – 2015.
- Análisis del costo del ciclo de vida: Una herramienta para evaluar mejor las inversiones y decisiones técnicas en pavimentación. Boletín Técnico ACPA (American Concrete Pavement Association).
- Evaluación de Pavimentos Flexibles y Rígidos. Boletín informativo de Concreto convencional CELMEX.
- “PAVIMENTO RÍGIDO.” Autor: Prof. Villanueva M. Ronald. Link: <http://es.slideshare.net/PedroFiguroa8/ppt-pavimento-rigido>
- “TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO” Autor: Civilgeeks Link: <http://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-pavimentos-de-concreto/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010 Aceras y Pavimentos (2013), Lima –Perú.
- Ministerio De Transportes Y Comunicaciones (2014) Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección Suelos y Pavimentos