



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 COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE
LOS PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE
SAUCE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”**

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

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

FASANANDO PINEDO, Harry

MEDINA MELÉNDEZ, Darlyng

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, por haberme dado la vida y permitirme el haber llagado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De igual forma dedico esta tesis a mis padres Linder y Maruja quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanas Etercith, Cecilia y Deysi por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A cada uno de mis docentes por ser portadores de tanta sabiduría y sobre todo por capacidad para transmitirla. Muchos de ustedes no solo aportaron en mi vida conocimientos científicos sino que también me enseñaron acerca del mundo y la vida real.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas y amigos, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevo en mi corazón. A todas las personas que de una u otra manera estuvieron a mi lado, que me enseñaron y me dieron ánimos para seguir adelante. Gracias a todos.

Harry Fasanando Pinedo

A dios, por permitirme llegar a este momento tan especial. Por los triunfos y los momentos difíciles que han enseñado a valorarlo cada día más,

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, a mi familia quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en profesional.

A mi padre quien con sus consejos quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final de este camino. A mis docentes gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional

Darlyng Medina Meléndez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres, que con su demostración y ejemplo me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A nuestro Asesor de Tesis por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a las sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas.

De igual manera mi profundo agradecimiento a mi amigo de toda la vida Juan Córdova porque gracias a ti has hecho todo para que yo llegué aquí. Quiero agradecerte todo lo que te has esforzado para que hoy pueda celebrar mi tesis, aunque fuera para sacarme de la rutina o brindarme palabras de aliento, creíste en mi aun cuando yo no lo hacía. Sin ti no habría logrado mi sueño y no existen suficientes palabras para agradecerte todo lo que has hecho como amigo.

A mis amigas del colegio Sandrita y Amparito, sin ellas no hubiera sido posible la culminación de este gran proyecto, gracias por estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida.

Y finalmente quiero terminar agradeciendo a todos mis amigos de la Universidad Científica del Perú, porque compartí años inolvidables que me dejaron mucha alegría.

Harry Fasanando Pinedo

A Dios primeramente por proporcionarnos la capacidad física e intelectual para culminar con éxito una etapa más de nuestra vida, que requirió sacrificio, esfuerzo y entrega.

A nuestras familias por darnos el apoyo, respaldo y comprensión en el tiempo que estuvimos realizando este trabajo que presentamos satisfechos.

A los docentes y personal de la Universidad Científica del Perú por darnos el impulso y no permitirnos desfallecer antes las adversidades y de igual forma por brindarnos las herramientas suficientes para elaborar un artículo de calidad.

A nuestros amigos y compañeros por haber hecho de esta etapa universitaria un trayecto de vivencias que no podrán olvidarse.

Darlyng Medina Meléndez

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 COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE LOS
PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE SAUCE, PROVINCIA
Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”**

De los alumnos: **MEDINA MELÉNDEZ DARLYNG Y FASANANDO PINEDO
HARRY**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la
revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **20% de plagio**.

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

San Juan, 04 de Octubre del 2021.



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

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_INGENIERIACIVIL_2021_TESIS_HARRYFASANANDO_DARLYNGMED
(D113383654)
Submitted: 9/24/2021 4:58:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 20 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_LUZCAMACHO_RODOLFOPIZARRO_V1.pdf (D110619301)
UCP_INGENIERIACIVIL_2020_T_IVANABAD_MARTHATORRES_V1.pdf (D79258831)
UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_SAÍSANGAMA_LAYNEPEZO_V1.pdf (D100815781)
UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_KEIKOPAREDES_MICHAELSALDAÑA_V1.pdf (D99484626)
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1819/4.%20TSP037_45486265_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instances where selected sources appear:

31

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 385-2021-UCP-FCEI del 01 de julio del 2021, 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, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día lunes 21 de febrero del 2022, 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 COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE SAUCE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”.

Presentado por los sustentantes:

HARRY FASANADO PINEDO y DARLYNG MEDINA MELENDEZ

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

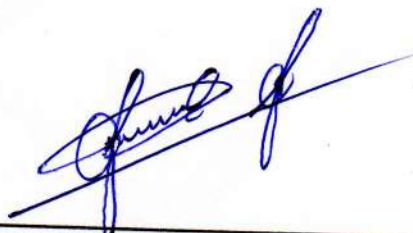
Tesis sustentada en acto público el día 21 de febrero del 2022 a las 06.00 p.m.



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



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



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
APROBACIÓN	v
RESUMEN	1
ABSTRAC	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I: MARCO TEORICO	4
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	4
1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:	4
1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:	6
1.1.3 ANTECEDENTES LOCALES:.....	9
1.2. BASES TEÓRICAS:	10
1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	63
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	65
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	65
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	66
2.1.1. PROBLEMA GENERAL.....	66
2.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	66
2.3. OBJETIVOS	66
2.1.3. OBJETIVO GENERAL.....	66
2.1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	66
2.4. HIPÓTESIS	67
2.5. VARIABLES.....	67
2.1.5. VARIABLE INDEPENDIENTE	67
2.1.6. VARIABLE DEPENDIENTE	67
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	68
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	68
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	68
3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	68
3.2.1. POBLACIÓN.....	68
3.2.2. MUESTRA	68

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
3.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	69
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	70
4.1. RESULTADOS	70
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
4.3. RESUPUESTO	130
4.4. RESULTADOS OBTENIDOS	136
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
5.1. CONCLUSIONES	141
5.2. RECOMENDACIONES.....	143
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
ANEXOS	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructura de Pavimento	19
Ilustración 2: Parámetros de Diseño para 10 años	20
Ilustración 3: Calculo Estructural para 10 años.....	21
Ilustración 4: Estructura de pavimento flexible para 10 años.....	21
Ilustración 5: Parámetros de Diseño para 20 años	22
Ilustración 6: Calculo Estructural para 20 años.....	23
Ilustración 7: Estructura de pavimento flexible para 20 años.....	23
Ilustración 8: Esquema de las cargas por rueda para diseño (ruedas duales).....	34
Ilustración 9: Sección Transversal Pavimento Rígido	51
Ilustración 10: Esquema de esfuerzos debido a las cargas.	56
Ilustración 11: Componentes de pavimento con concreto	58
Ilustración 12 . Pavimento de concreto reforzado con conectores.....	59
Ilustración 13: Distribución del IMDA	71
Ilustración 14: Distribución del IMDA	71
Ilustración 15: Volumen de Tráfico Diario	72
Ilustración 16: Plano ubicación de Calicatas	73
Ilustración 17: Resultados de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos-Calic74	
Ilustración 18: Monograma para Pavimento Flexible	107
Ilustración 19: Ecuación de diseño de Pavimento Flexible	107
Ilustración 20: Ecuación que relaciona al número estructural con los espesores ..	107
Ilustración 21: Monograma para Pavimento Flexible	114
Ilustración 22: Sección Pavimento Flexible	122
Ilustración 23: Ecuación de Diseño de Pavimento Rígido.....	122
Ilustración 24: Sección del Pavimento Rígido.....	129
Ilustración 25: Comparación de Costos	139
Ilustración 26: Comparación de Plazos de Ejecución	140

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Períodos de diseño.....	24
Tabla 2: Espesores mínimos sugeridos:.....	26
Tabla 3: Factor de distribución por carril.....	29
Tabla 4: Normas AASHTO y ASTM.....	30
Tabla 5: Valor percentil por nivel de tránsito.....	30
Tabla 6: Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima	31
Tabla 7: Espesores mínimos de capas asfálticas sobre base	32
Tabla 8: Tipos, manifestaciones y causas de fallas en pavimento flexible	47
Tabla 9: Principales factores fallas de un pavimento flexible	48
Tabla 10: Categoría de Sub rasante.....	56
Tabla 11: Técnicas de Investigación	73
Tabla 12: AGRESION DEL SUELO.....	74
Tabla 13: Número de puntos de Investigación	75
Tabla 14: LIMITE DE INDICE DE PLASTICIDAD.....	75
Tabla 15: INDICE PLASTICO DE CALICATAS	76
Tabla 16: Parámetros de suelos.....	84
Tabla 17: Parámetros	85
Tabla 18: Requerimientos Mínimos según tipos de pavimentos.....	87
Tabla 19: Ensayos de Laboratorio de Canteras	88
Tabla 20: Cantera Santa Polonia (cerro – privado).....	90
Tabla 21: Requerimiento de Agregado Fino	90
Tabla 22: Características del material de cantera.....	91
Tabla 23: Requerimiento de Agregado Fino	91
Tabla 24: Características del material de cantera.....	91
Tabla 25: Granulometría y Clasificación de material de Cantera	92
Tabla 26: Ensayos de Laboratorio de Canteras	93
Tabla 27: Propiedades Físicos – Mecánicas	93
Tabla 28: Resumen de las características Físicos – Mecánicas.....	94
Tabla 29: Característica del agua a usar	95
Tabla 30: Conteo Vehicular	97
Tabla 31: Factores de Crecimiento.....	98
Tabla 32: CONFIGURACIÓN DE EJES	100
Tabla 33: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	101
Tabla 34: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	101
Tabla 35: FACTOR CAMIÓN C2 Y C3 PARA PAVIMENTOS	102
Tabla 36: FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (FP) PARA EJES EQUIVALENTES (EE).....	103
Tabla 37: EE día-carril para Pavimento Flexible.....	104
Tabla 38: EE día-carril para Pavimento Rígido.....	104
Tabla 39: Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn para Pavimento Flexible.....	105
Tabla 40: Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn para Pavimento Rígido.....	105

Tabla 41: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el Carril de Diseño para Pavimento Flexible y Rígido.....	105
Tabla 42: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico	108
Tabla 43: 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	109
Tabla 44: Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico	111
Tabla 45: Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico	112
Tabla 46: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI) Según Rango de Tráfico	112
Tabla 47: Catálogo de números estructurales (sn) requeridos por tipo de tráfico y de sub rasante, Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Subbase Granular.....	115
Tabla 48: Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a1	116
Tabla 49: Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje MI	118
Tabla 50: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular	119
Tabla 51: Catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente	120
Tabla 52: Módulo de Elasticidad (Ec)	124
Tabla 53: Valores Recomendados de Resistencia del Concreto	125
Tabla 54: Módulo de Rotura del C° (S'c)	125
Tabla 55: Coeficiente de Transferencia de Carga (J)	126
Tabla 56: Coeficientes de Drenaje de las Capas Granulares	126
Tabla 57: Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	127
Tabla 58: Características de la vía con Pavimento Flexible.....	130
Tabla 59: Características de la vía con Pavimento Rígido.....	132
Tabla 60: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.	136
Tabla 61: Resumen Características del Sub – rasante.....	136
Tabla 62: Cuadro Comparativo entre Pavimentos	137
Tabla 63: Secciones Transversales de los tres Tipos de Pavimentos	138
Tabla 64: Cuadro Comparativo Técnico – Económico.....	139
Tabla 65: Cuadro Comparativo Financiero	141
Tabla 66: Cuadro Comparativo Tiempo de Ejecución	142
Tabla 67: Cuadro Resumen de Espesores de los dos tipos de pavimentos	142
Tabla 68: Cuadro Comparativo Técnico-Financiero	143

RESUMEN

Los pavimentos son los elementos estructurales vitales que intervienen en la construcción de carreteras; este estudio tiene como finalidad hacer un comparativo entre el tiempo y costo por metro cuadrado empleado en la ejecución de un proyecto de pavimentación, que se obtendrá al costear dichas propuestas entre las alternativas de estudio seleccionadas.

Dentro de los mismos podemos encontrar los pavimentos flexibles, los cuales se encuentran conformados por las capas de sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica, tienen menores periodos de vida útil el proceso de diseño del mismo, el cual se auxilia de dos métodos muy reconocidos dentro de esta área, como lo son el método AASHTO y el método del Instituto del Asfalto.

Se tienen los pavimentos rígidos, los cuales pueden estructurarse por la capa de sub rasante, base y losa de concreto, que tienen mayores periodos de vida útil para el proyecto de pavimento rígido se trabajaron las tres etapas mencionadas anteriormente para el pavimento flexible. Inicialmente se tiene la etapa de diseño, que incluye el método AASHTO y el método PCA (Portland Cement Association).

Como caso de aplicación se tomará en vías urbanas en el distrito de DE SAUCE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”, 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.

En conclusión, el pavimento rígido sería la mejor opción para emplear técnicamente, aunque inicialmente sea más costoso a largo plazo el costo de mantenimiento es menor.

Palabras claves: Pavimento Rígido, Pavimento Flexible.

ABSTRAC

Pavements are the vital structural elements involved in road construction; The purpose of this study is to make a comparison between the time and cost per square meter used in the execution of a paving project, which will be obtained by financing said proposals among the selected study alternatives.

Within them we can find flexible pavements, which are made up of the layers of sub-grade, sub-base, base and asphalt folder, they have shorter periods of useful life the design process of the same, which is assisted by two very recognized methods within this area, such as the AASHTO method and the Asphalt Institute method.

There are rigid pavements, which can be structured by the subgrade layers base and concrete slab, which have longer periods of useful life. For the rigid pavement project, the three stages mentioned above for the flexible pavement were worked. Initially, there is the design stage, which includes the AASHTO method and the PCA method (Portland Cement Association).

As a case of application, it will be taken on urban roads in the district of SAUCE, PROVINCE AND DEPARTMENT OF SAN MARTÍN”, this will allow us to identify which of the alternatives will be executed in the shortest time and the most economical, which will allow authorities and designers decide on one of the alternatives studied for the execution of the different projects.

In conclusion, the rigid pavement would be the best option to use technically, although initially it is more expensive in the long term, the maintenance cost is lower.

Keywords: rigid pavement, Flexible pavement.

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 construido con concreto hidráulico, llamado también pavimento rígido. 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. Finalizando con un análisis comparativo de diseño y costos, Finalmente, 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, que la aplicación que cada método constructivo implicará.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

✚ Con referencia a nuestro tema de investigación, tenemos una Tesis, del autor: Bruno Milton Burgos Vásquez, titulada **“ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO PROYECTO: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA RUTA S/R: SANTA ELVIRA – EL ARENAL, EN LA COMUNA DE VALDIVIA, 2014”** de la Universidad Austral de Chile, que llegan 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.

El análisis y posterior estudio sobre el pavimento rígido y el flexible realizado en el presente trabajo de titulación, 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.

✚ Tenemos una Tesis, de los autores: Dra. Ing. Diana Movilla Quesada y Dr. Ing. Aitor Raposeiras Ramos **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA RUTA S/R: SANTA ELVIRA – EL ARENAL, EN LA COMUNA DE VALDIVIA. VALDIVIA - CHILE 2017** Como conclusión final, según el estudio y análisis realizado y basándose en los resultados obtenidos se puede especificar, que para el tramo que une Santa Elvira y El Arenal ubicado en Valdivia en la Región de los Ríos, se elegirá construir un pavimento flexible, el cual es económicamente más rentable en lo que se refiere a inversión inicial, y que cumple satisfactoriamente con las condiciones de diseño, en comparación con el pavimento rígido que presenta una conservación más económica pero de un costo de implementación muy por encima del pavimento flexible.

✚ Tenemos una Tesis, de los autores: Marlon Noel Ruiz Urrutia y Julio Cesar Rodríguez Peralta, titulada **“COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL USO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA”**. Estudio de Caso: Tramo Unikwas - Mulukuku, 2016, de la Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, que llegan a las siguientes conclusiones:

- Basado en los resultados obtenidos y en los objetivos trazados se plantea las siguientes conclusiones:
- Con la aplicación de la metodología propuesta por la AASHTO 1993, para el diseño de pavimentos rígido y flexible, abordado en el estudio de Caso plasmado en el capítulo VIII, fue posible identificar que el pavimento flexible requiere un mayor espesor de capas subyacentes a la superficie de rodadura, sin embargo, los costos iniciales de construcción son menores que los requeridos por el pavimento rígido, aunque el espesor de la estructura sea menor.
- En la construcción de pavimento rígido basta con una capa de base e incluso se puede colocar directamente sobre la sub rasante si el material de soporte es de buena calidad, la ventaja del pavimento rígido en relación al flexible es la capacidad que tiene la losa de absorber y

disipar los esfuerzos producidos por los efectos del tránsito, en cambio el pavimento flexible los distribuye a las capas subyacentes.

- ✚ La ventaja de implementar la metodología de la AASHTO 1993, para el diseño de estructuras de pavimento Rígido, es porque se puede obtener directamente el espesor requerido de la losa, para soportar la carga que se producirá a lo largo de del periodo de vida para el cual se diseñe la estructura, en cambio sí se diseña pavimento Flexible el resultado que se obtiene de la aplicación de la ecuación AASHTO-93, es una reacción a la carga inducida por el tráfico, la cual debe ser distribuida y absorbida por las capas subyacentes.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

- ✚ También, tenemos una Tesis, de los autores: Walter David Ramírez Rojas y Roger Zavaleta Alvarado, titulada **“ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO PROYECTO: “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, 2017”**, de la Universidad Privada Antenor Orrego, que llegan 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.

✚ También, tenemos una Tesis, del autor para el grado de magister: titulada: **“COMPARACIÓN TÉCNICOECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE Y RÍGIDA A NIVEL DE COSTO DE INVERSIÓN”**, Lima, junio del 2017. que llegan a las siguientes conclusiones:

- Ambos pavimentos tienden a incrementar espesores a medida que el tránsito aumenta y que el suelo empeora.
- Sin embargo, resulta interesante ver como AASHTO 93 castiga a los espesores de pavimentos flexibles si están expuestos a sub rasantes con CBR bajos. - Los pavimentos rígidos, son menos susceptibles a los valores de CBR, pero se comportan bien, bajo condiciones estables de suelos de fundación. - En cuanto al análisis económico, que establece una comparación relativa de costos de inversión (construcción inicial), entre alternativas equivalentes de pavimentos flexibles y rígidos se puede ver una variación entre ellos de +/- 20%
- En lo que respecta a evaluación de resultados, a partir del análisis desarrollado en los capítulos anteriores, la comparación entre pavimentos de asfalto y de concreto permite concluir; que ambas alternativas de pavimentación presentan buenos resultados, sin embargo, la brecha de conocimientos y tecnológica hace que no se aprovechen las ventajas de los pavimentos rígidos; para afrontar los retos futuros, se requiere un trabajo de capacitación y generación de data de largo plazo.
- Los pavimentos de concreto, para condiciones de suelo con CBR de 3% (malo), son más económicos.
- Los pavimentos de asfalto, para condiciones de suelo con CBR de 25% (buenos), son más económicos.
- Los pavimentos de concreto con suelos con CBR del orden de 10% presentan costos similares a los de asfalto.

- En general, la variación de costos para pavimentos equivalentes, diseñados con AASHTO 93 y construidos con tecnologías equivalentes, está por el orden de más o menos 20% dependiendo de las condiciones de suelo y tránsito.

✚ Además, tenemos una Tesis, del autor Laura Guzmán, M.S. Autor corporativo Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Ingeniería Agrícola Título **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DOS TIPOS DE PAVIMENTOS PARA EL CAMPUS DE LA UNALM [Universidad Nacional Agraria La Molina] I Lima: UNALM, 2019**

En el presente estudio, se ha determinado la alternativa de menor costo y de menor impacto ambiental negativo al entorno, del análisis comparativo entre las alternativas de diseño de pavimentos flexibles frente a pavimentos rígidos urbanos para las vías al interior del campus de la UNALM, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, en un período de análisis de 20 años. Para el análisis, se planteó el diseño de nuevos pavimentos en las vías del campus, ya que en la actualidad los pavimentos existentes registran fallas a nivel superficial en distintos tramos de vías, sin haber desarrollado trabajos de conservación de pavimentos, por lo que ya han cumplido con su ciclo de vida útil. Entonces, se calcularon los espesores de diseño de las capas estructurales que conforman cada tipo de pavimento (flexibles y rígidos), mediante la aplicación del método de AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para luego proceder al análisis de costos durante el proceso constructivo, operación y mantenimiento de ambas estructuras. Además, se desarrolló el estudio del impacto ambiental por acción de la variación de temperaturas sobre las superficies de pavimentos, para continuar con la evaluación del impacto ambiental (EIA) mediante el método de la Matriz de Leopold e identificar los posibles impactos significativos durante los trabajos de construcción, operación y mantenimiento en la ejecución de las dos alternativas de pavimentación en las vías de la zona de estudio. Con la finalidad, de determinar la mejor alternativa de diseño de pavimentos con materiales más “amigables” al medio ambiente.

1.1.3 ANTECEDENTES LOCALES:

Tenemos la tesis **ANÁLISIS COMPARATIVO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA LA REPARACIÓN DE LAS CALLES DEL CENTRO DEL DISTRITO DE TARAPOTO SON LAS VEINTIÚN CUADRAS, JURISDICCIÓN DEL BARRIO CENTRO , EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, REGIÓN SAN MARTÍN PERIODO 2017**: Concluimos que el pavimento flexible es el más económico, de acuerdo al presupuesto elaborado por el tesista, por lo tanto, es el que tiene mayor probabilidad de propuesta para los proyectos de pavimentación de vías urbanas, esto debido a los escasos recursos públicos, se trata de hacer más con menos. Concluimos también que el pavimento flexible tiene un menor tiempo de ejecución de las partidas contractuales, considerando las características y procedimientos constructivos de los materiales empleados, a diferencia del concreto rígido que necesitamos más tiempo en la ejecución, esto se puede observar en la programación Gantt elaborado por el tesista. Podemos concluir también que, de acuerdo al periodo de diseño, los pavimentos rígidos son los de mayor vida útil, esto se puede apreciar visualmente en la ciudad de Tarapoto ya que tenemos pavimentos alrededor de la Plaza de Armas con 50 años de servicio aproximadamente y que todavía están funcionando. También podemos concluir indicando que, el pavimento rígido es el que requiere menor costo de mantenimiento durante su vida útil. Al realizar el estudio de mecánica de suelos se obtuvo un CBR= 12.00%, por lo que se concluye el terreno posee una capacidad portante de regular a mala, y debido a esto el terreno de fundación va tener que ser mejorado. La topografía de la zona en estudio es plana y alineada, lo cual constituye una ventaja para el diseño geométrico vial, de acuerdo a la norma E-010 de Pavimentos Urbanos. Concluimos finalmente, que los valores de espesores de las diferentes capas obtenidos en los diseños, tanto para pavimento rígido y flexible, están dentro de los parámetros que manejamos en la zona del proyecto.

1.2. BASES TEÓRICAS:

1.2.1. 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; cada una con una función determinada, las cuales en conjunto tienen los siguientes propósitos:

- a) Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga. 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 en 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 (THE ASPHALT INSTITUTE, 2000).
- b) Tener la impermeabilidad necesaria. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.

- c) Resistir la acción destructora de los vehículos. El pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
- d) Resistir los agentes atmosféricos. Como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema, en la vida económica y útil del mismo. Por lo tanto, deben procurarse materiales de mayor calidad y resistentes a los agentes físicos y químicos.
- e) Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos. La superficie del pavimento, debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie, que debe ser lisa, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.
- f) Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub - base. La flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

1.2.1.1. Conformación Los pavimentos flexibles, están formados por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base, las cuales se encuentran conformadas por materiales que deben llenar las especificaciones requeridas. La calidad de estas capas va disminuyendo con la profundidad.

1.2.1.2. Función del pavimento, el pavimento debe ofrecer una superficie buena y resistente, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con las llantas del vehículo, además de tener el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos. Además, debe poseer la resistencia y características mecánicas apropiadas para soportar las cargas debidas al tránsito, sin provocar fallas y ni deformaciones permanentes.

Las características de resistencia y deformabilidad son necesarias para la distribución de esfuerzos, de modo que lleguen a la sub rasante a niveles tolerables que no produzcan fallas, asentamientos u otras deformaciones perjudiciales. La base, en los pavimentos flexibles, estará formada por materiales friccionantes, cuya capacidad de carga es baja, debido a la falta de confinamiento, por lo que se requiere que sobre la base exista una capa de material cohesivo y resistente a la tensión, como lo es la capa asfáltica.

1.2.1.3. Funciones de las distintas capas de un Pavimento Flexible

1.2.1.3.1. La función de la sub base

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. Así también lo son los cambios volumétricos asociados a los cambios de humedad. La sub base sirve también como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería. 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 cuente 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, garantizando buen comportamiento en cuanto a deformabilidad se refiere, como resultado de una buena compactación. La capacidad de drenaje, igualmente importante, es necesaria debido a la doble función que realiza tanto con el agua que se infiltra de la superficie, como la que asciende por capilaridad. Los espesores de sub base, son muy variables y dependen de cada proyecto específico, pero suele considerarse 12 a 15cm como la dimensión mínima constructiva. Los materiales consistirán en materiales de tipo granular con las siguientes propiedades mínimas: un valor soporte (CBR) del 30% sobre muestra saturada y compactada al 100% del Proctor Modificado u otra compactación que el diseñador especifique; un índice plástico (IP) no mayor de 9 y un límite líquido (LL) no mayor de 40%. Los materiales de sub base deben ser de fácil compactación para alcanzar la densidad máxima determinada. En el caso de que contengan gravas o rocas, éstas no deben ser mayores de los 2/3 del espesor de la sub 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. Cuando existan alternativas para el uso de varios bancos, dentro de los límites razonables de acarreo y/o calidad, se escogerá el que disponga de menor porcentaje de material que pase el tamiz 200, que tenga mayor CBR y menor índice plástico (IP). Es muy importante que los bancos de materiales para sub base, llenen las especificaciones requeridas y se encuentren libres de materia vegetal, basura o terrones de arcillas y otras materias perjudiciales. Debe tenerse presente y tomar en cuenta que un gran número de

fallas en los pavimentos se debe a sub bases 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.

1.2.1.3.2. Función primordial de la Base

Es la de proporcionar un elemento resistente que transmita 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 la sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente. Básicamente el material que constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y provisto de vacíos. La primera garantizará la resistencia adecuada y la permanencia de dicha resistencia con la variación de las condiciones que se puedan presentar, como podría ser el contenido de agua. Es lógico que no basta sólo con emplear material friccionante para garantizar la resistencia deseada, es necesaria también una compactación adecuada, necesaria para adquirir la compacidad y trabazón estructural requerida para una buena base. Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración, produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen 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 de que se trate, pero suele considerarse que 12 o 15 centímetros, es el espesor mínimo que conviene construir. Los materiales de grava o piedra triturada, provienen de la explotación de minas, de roca o piedras naturales. Los materiales retenidos en el tamiz No. 4, son agregados gruesos; los que pasan el tamiz No. 4, agregados finos; y los que pasan el tamiz No. 200, forman el

relleno mineral. El material de relleno deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, poseen propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan formar una capa de base bien ligada y densa. Los finos, juntamente con el agregado mineral, deberán tener un límite líquido menor de 25, un índice plástico menor de 9, y el porcentaje que pase el tamiz No. 200 deberá ser igual o menor al que pasa el tamiz No. 40. En el caso que sea necesario agregar material de relleno, para ajustarse a los requisitos de graduación o para obtener una cohesión satisfactoria del material, deberá mezclarse uniformemente todo el material de la base. Materiales a base de arena - arcilla, son mezclas que, debidamente proporcionadas, tienen considerable resistencia a la desintegración, cuando han sido compactadas con la humedad óptima a su máxima densidad. En estas condiciones llegan a tener alto valor soporte arriba del 80% de CBR. Para que mantengan estas características, es necesario imprimir las inmediatamente, después de construidas, aunque posteriormente se coloque la carpeta de rodadura. Son consideradas muy buenas bases mientras mantengan sus características de máxima densidad y humedad óptima, pero muy deficientes al perder humedad más allá de límites razonables, pues se desintegran rápidamente pierden de manera sensible su valor soporte. Si son debidamente protegidas, con buenos drenajes, sub drenajes y una carpeta de rodadura, dan resultados excelentes y su construcción es económica. Lo óptimo a requerir de estos materiales es que, si son arenas, sean duras, angulosas y preferiblemente silíceas; si son arcillas, deberán ser de calidad uniforme y estar libres de terrones, materias vegetales y sustancias dañinas. La fracción que pasa por el tamiz No. 200, será menor del 50% de la fracción que pasa el tamiz No. 40. Además de los requisitos anteriores, la base terminada debe tener un valor soporte arriba del 80%, un límite líquido no mayor de 25 y un índice plástico igual o menor de 9. 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 del agua al interior del pavimento.

1.2.1.3.3. Capa de rodadura

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. La capa de rodadura también contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros).

1.2.1.4. Criterios de Diseño del Pavimento Flexible

El pavimento trabaja de tal forma que se evita la deformación de la capa de rodadura por acción de las cargas estáticas y dinámicas significativas. Sin embargo, no se puede concluir que no se produce deformación alguna, ya que debido al deterioro en el tiempo se presentarían fallas, es por eso que también se debe proveer mantenimiento constante hasta la colocación de un nuevo pavimento o reparación del mismo.

El objetivo es diseñar una ruta para transportar el tráfico de manera satisfactoria por un período determinado de tiempo sin necesidad de grandes mantenimientos a la estructura (rehabilitación). Las decisiones deben tomarse sobre la cantidad de deterioro que puede ser tolerada y en una condición que sea aceptable al final del período de diseño. Las opiniones difieren sobre estos temas entre los ingenieros de diferentes países, y entre los usuarios de la carretera. Mientras que los ingenieros están preocupados por los problemas estructurales, los usuarios de las carreteras se enfocan principalmente en la calidad del viaje como lo resbaladizo de la carretera, la congestión y la seguridad.

Los fracasos se dan cuando el pavimento requiere una rehabilitación o reconstrucción ya que el deterioro no puede ser corregido por el mantenimiento de rutina o periódico. Por ejemplo, la superficie de pavimento de asfalto en un clima seco se puede fisurar antes de que la calidad de conducción se vea afectada y que los usuarios de la carretera empiecen a quejarse. Con el sellado de grietas se puede extender la vida del pavimento, la formación de grietas suele ser una falla estructural que requiere una reparación costosa. Por otro lado, una carretera antigua que comprende una base sin consolidar y un tratamiento superficial simple pueden llegar a ser muy desigual a través de parches de mantenimiento, que se realizan durante muchos años, aunque mantengan buenas condiciones estructurales.

La forma más común para equilibrar los aspectos conflictivos de diseño es utilizar el principio de minimizar el costo total de la carretera durante toda su vida útil, es decir, el costo total de construcción y mantenimiento de la carretera. A medida que la carretera se deteriora, el usuario hace que la carretera aumente su costo. Al hacer suposiciones realistas sobre el futuro mantenimiento y comportamiento en carretera bajo diferentes estrategias de mantenimiento la vía puede ser diseñada para minimizar los costos totales durante el período de diseño.

1.2.1.5. Diseño de un Pavimento Flexible

El diseño de pavimentos flexibles incluye la superficie con concretos o mezclas asfálticas. El concepto del diseño de pavimentos flexibles es determinar primero el espesor de la estructura, basado tanto en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales.

Para el diseño de espesores de pavimentos flexibles, se conocen dos métodos, que son:

- ❖ Método de AASHTO
- ❖ Método del Instituto de Asfalto

1.2.1.5.1. Método de AASHTO

El método de diseño AASHTO fue desarrollado a partir de los resultados de la prueba de carretera AASHTO que se llevaron a cabo durante 1959 y 1960, y es probablemente el método más ampliamente utilizado en todo el mundo. Una serie de conceptos importantes surgieron del examen práctico que se utiliza en otros métodos de diseño y se resumen a continuación.

En primer lugar, un sistema de calificación del pavimento fue desarrollado como parte de la prueba de manejo. En segundo lugar, a un amplio panel de usuarios de carretera se les pidió que condujeran a través de una variedad de caminos diferentes e indicar su opinión de las condiciones en una escala entre 0 (mala) a 5 (excelente). El promedio de calificación obtenida por cada camino se llama "Present Serviceability Rating" o PSR por sus siglas en inglés. Esto se correlaciona luego con mediciones objetivas de la rugosidad, ahuellamiento, formación de grietas y parches, de los cuales la rugosidad fue el factor dominante.

Para la implementación del presente método se debe hacer uso de la siguiente fórmula:

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

En donde:

Donde:

W18: Número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)

ZR: confiabilidad

So: desviación estándar

SN: número estructural

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad

MR: Módulo resiliente de la sub - rasante.

Ya conocido el número estructural, se procede a estructurar el pavimento conformado por las capas de sub - base granular, base granular y carpeta asfáltica, mediante la siguiente expresión:

$$SN = \sum_{i=1} a_i D_i m_i$$
$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

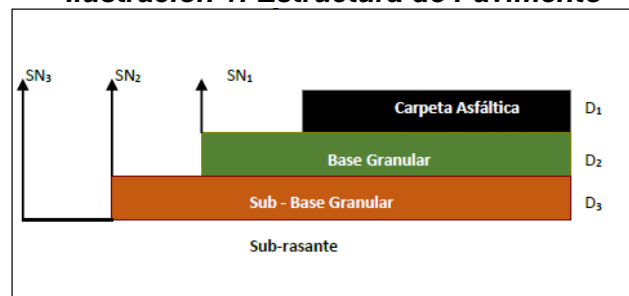
Donde:

ai: coeficiente de capa en función de las propiedades de los materiales

Di: espesores

mi: coeficientes de drenaje

Ilustración 1: Estructura de Pavimento



La estructura del pavimento se diseñará para los siguientes periodos:

Para 20 años en dos etapas de 10 años; Carpeta Asfáltica.

Para 20 años en una etapa; Carpeta Asfáltica.

De acuerdo al período de diseño

DISEÑO 1: 10 AÑOS

Se muestran todos los parámetros de diseño requeridos para el cálculo del número estructural y la estructuración del pavimento.

Ilustración 2: Parámetros de Diseño para 10 años

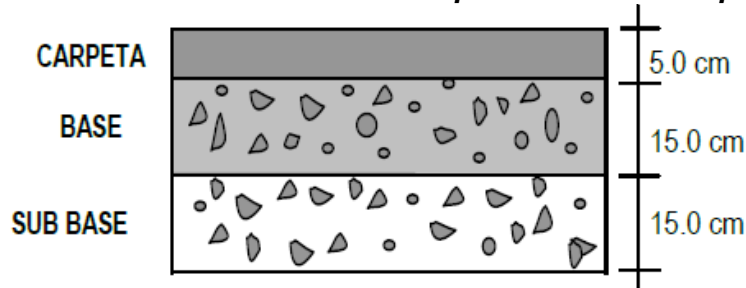
Parámetros de Diseño				0-10 años
Número de Ejes Equivalentes				1.795E+05
CBR diseño subrasante				12.0%
Módulo Resiliente, Mr (psi)				12533
Nivel de Confianza, R (%)				90%
Factor de confiabilidad, Zr				-1.282
Desviación estándar, So				0.45
Serviciabilidad Inicial				4.2
Serviciabilidad Final				2.0
Δ PSI				2.2
Número Estructural Requerido			SN	2.12
Carpeta Asfáltica	---	a1 = 0.44	D1 (pulg.)	2.0
Base	m2 = 1.0	a2 = 0.13	D2 (pulg.)	6.0
Sub-Base	m3 = 1.0	a3 = 0.12	D3 (pulg.)	6.0
Espesor total del pavimento			(pulg.)	14.0
Número Estructural Propuesto			SN	2.38

Ilustración 3: Calculo Estructural para 10 años

Tabla 29: La estructura del Pavimento flexible para 10 años

Estructura	Espesor
Carpeta Asfáltica	5.0 cm (2.0 pulg.)
Base Granular	15.0 cm. (6.0 pulg.)
Sub Base Granular	15.0 cm. (6.0 pulg.)
SN (Real)	2.38

Ilustración 4: Estructura de pavimento flexible para 10 años



Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO 2: 20 AÑOS EN UNA ETAPA

Se muestran todos los parámetros de diseño requeridos para el cálculo del número estructural y la estructuración del pavimento.

Ilustración 5: Parámetros de Diseño para 20 años

Parámetros de Diseño				0-20 años
Número de Ejes Equivalentes				5.062E+05
CBR diseño sub-rasante				12.0%
Módulo Resiliente, Mr (psi)				12533
Nivel de Confianza, R (%)				80%
Factor de confiabilidad, Zr				-0.841
Desviación estándar, So				0.45
Serviciabilidad Inicial				4.2
Serviciabilidad Final				2.0
Δ PSI				2.2
Número Estructural Requerido			SN	2.33
Carpeta Asfáltica	---	a1 = 0.44	D1 (pulg.)	2.5
Base	m2 = 1.0	a2 = 0.13	D2 (pulg.)	6.0
Sub-Base	m3 = 1.0	a3 = 0.12	D3 (pulg.)	6.0
Espesor total del pavimento			(pulg.)	14.5
Número Estructural Propuesto			SN	2.60

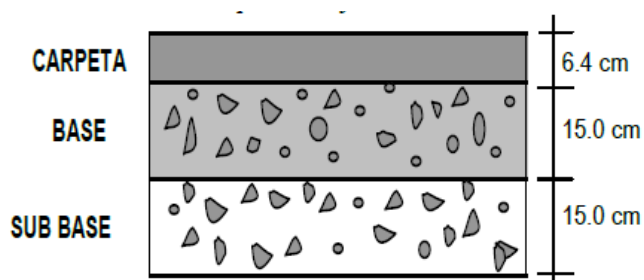
Se adjunta el cálculo del Número Estructural:

Ilustración 6: Calculo Estructural para 20 años

Tabla 31: La estructura del Pavimento flexible para 20 años

Estructura	Espesor
Carpeta Asfáltica	6.4 cm (2.5 pulg.)
Base Granular	15.0 cm. (6.0 pulg.)
Sub Base Granular	15.0 cm. (6.0 pulg.)
SN (Real)	2.60

Ilustración 7: Estructura de pavimento flexible para 20 años



La vida útil del pavimento El período de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente. La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el tiempo en el que alcanza el mínimo de serviciabilidad. El

período de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento, en los casos en que se consideren reconstrucciones ó rehabilitaciones a lo largo del tiempo. El período de diseño comprende varios períodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.

Tabla 1: Períodos de diseño

Tipo	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales Sub Urbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub Urbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

- ❖ **Variables en función del tránsito**, es el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN) ó ESAL´s.
- ❖ **Confiabilidad (R)**, este valor se refiere al grado de seguridad de que el diseño de la estructura de un pavimento, pueda llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones.
- ❖ **Sub rasantes expansivas**, en el caso de existir las mismas por efecto de saturación, es necesario analizar la pérdida de serviciabilidad debido a esta causa, haciendo los análisis de laboratorio a los materiales existentes en el proyecto.
- ❖ **Criterios para determinar la serviciabilidad**, la serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto). Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final; la inicial es función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera; al final va en función de la categoría del camino y se adopta en base al criterio del diseñador.

Serviciabilidad inicial:

Po = 4.5 para pavimento rígidos

Po = 4.2 para pavimento flexibles

Serviciabilidad final:

Pt = 2.5 ó más para caminos principales

Pt = 2.0 ó más para caminos de tránsito menor

- ❖ **Propiedades de los materiales**, son las que se valoran para el módulo de resiliencia, ya que en función de este se llega a los coeficientes de los números estructurales.
- ❖ **Drenajes los coeficientes de capa**, son los que se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.
- ❖ **Determinación de espesores en los pavimentos de mezclas asfálticas, por medio de la fórmula de diseño**, se obtiene el número estructural y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman la estructura. El diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitado.
- ❖ **Determinación del número estructural**, requerido Las variables para determinarlo son las siguientes:
 - La cantidad estimada de ejes equivalentes por carril, para el período de diseño.
 - La confiabilidad (R).
 - El conjunto total de las desviaciones estándar. Se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:
 - Para pavimentos flexibles 0.40 – 0.50
 - En construcción nueva 0.35 – 0.40
 - En sobre - capas 0.50
 - El módulo de resiliencia efectivo (que tome en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la sub rasante (Mr).
 - La pérdida de serviciabilidad.

- ❖ **Estabilidad y factibilidad de la construcción**, 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 se debe 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 2: Espesores mínimos 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

Fuente propia

Tales mínimos dependen de las prácticas locales y está condicionado el usarlos; los diseñadores pueden encontrar necesario modificar hacia arriba los espesores mínimos, debido a la experiencia obtenida; estos valores son sugeridos y se considera su uso tomando en cuenta que son capas asfálticas sobre bases granulares sin tratar.

- ❖ **Espesores mínimos en función del número estructural**, 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 los Módulos de Resiliencia.

1.2.1.5.2. Método del Instituto de Asfalto,

En este procedimiento de diseño, la estructura de pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad. Este procedimiento es usado para el diseño de pavimentos de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y sub base sin ningún tratamiento; la sub rasante es la capa subyacente más baja y es asumida infinita en el sentido vertical de arriba hacia abajo y en dirección horizontal; las otras capas de espesor finito, se asumen infinitas hasta cierto punto, en el sentido horizontal. Una continuidad ó fricción total, es asumida en la unión entre cada una de las capas para efectos de diseño. En la metodología adoptada por 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, y;
- b. El esfuerzo de compresión vertical en la superficie de la sub rasante. Si la fuerza de tensión es excesiva, pueden resultar grietas en la capa; si la fuerza de compresión vertical es excesiva, resultan deformaciones permanentes en la superficie de la estructura de pavimento por las sobrecargas en la sub rasante. Las deformaciones excesivas, en las capas tratadas, pueden ser controladas por las calidades a que están sujetas las propiedades de los materiales. Todos los materiales se caracterizan por el Módulo de Elasticidad del cual son seleccionados valores específicos, basados en estudios experimentales realizados. El Módulo de Elasticidad de las mezclas asfálticas, es altamente dependiente de la temperatura

que se encuentre sobre el pavimento. El Módulo de Elasticidad es función del tiempo de fraguado. El Módulo de Resiliencia de los materiales granulares sin tratar, puede variar con las condiciones de esfuerzo en el pavimento. Valores usados en el desarrollo de las tablas de diseño dadas, varían poco desde 103 MPa (15,000 psi) hasta más de 345 MPa (50,000 psi). En adición a los efectos de cambio mensuales de la temperatura a través del año sobre el módulo dinámico de la capa asfáltica, las curvas de diseño también toman consideraciones sobre el efecto de la temperatura sobre el módulo de resiliencia de la sub rasante y los materiales de la base.

Estimación del tránsito, se define la diferencia entre “Período de Diseño” y “Período de Análisis”, de la siguiente forma:

Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito en cualquier período de tiempo. El período seleccionado, en años, se define como “Período de Diseño”; al término de éste, 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 “Período de Análisis”, es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que éste alcanza las mínimas condiciones de Transitabilidad y se puede extender de forma indefinida por medio de la colocación de sobre carpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta debido a cambios significativos como:

- Pendientes
- Alineamiento geométrico
- Otros factores

Debido a que los camiones son los que más daño ocasionan a las carreteras, se debe considerar este tipo de flujo vehicular sobre el carril de diseño, por lo que se utilizan los valores dados en la siguiente tabla.

Tabla 3: Factor de distribución por carril

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45
6	ó más 40

Fuente propia

El método del Instituto de Asfalto, incorpora factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño, para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, en función de la presión de inflado y los espesores de la capa asfáltica. Este factor de ajuste de los ejes equivalentes, es un dato que caracteriza la importancia que tiene la presión de inflado sobre el espesor de una estructura de pavimento, pues a mayor presión de inflado y menor espesor de capa de rodadura, incrementa en buena medida el número de ejes equivalentes y por lo tanto, es mayor el daño a una estructura determinada.

Materiales Respecto al diseño, de espesores de un pavimento flexible, el método del Instituto de Asfalto, considera como parámetro fundamental la evaluación de los materiales para obtener el Módulo de Resiliencia (Mr). Se han establecido valores de correlación entre el módulo y la prueba del CBR (AASHTO T-193); los valores obtenidos son bastante aproximados, sin embargo, para obtener resultados más precisos es necesario llevar a cabo la prueba del Módulo de Resiliencia (Mr) de la sub rasante. Para calcular el módulo de resiliencia a partir del CBR, se han desarrollado las siguientes fórmulas:

$$\mathbf{Mr \text{ (MPa)} = 10.3 \times CBR}$$

$$\mathbf{Mr \text{ (psi)} = 1,500 \times CBR}$$

Es necesario, para aplicar la metodología descrita, que se incluyan métodos de prueba normados por AASHTO y ASTM, los cuáles deben de considerar los parámetros indicados en la tabla número 4.

Tabla 4: Normas AASHTO y ASTM

Prueba	Uso	AASHTO	ASTM
Límite líquido	Clasificación	T-89	D-4318
Límite plástico	Clasificación	T-90	D-4318
Granulometría	Clasificación	T-88	D-422
Compactación	Relación humedad-densidad	T-180	D-1557
CBR	Básico para diseño de espesores	T-193	D-1883
Valor R	Básico para diseño de espesores	T-190	D-2844
Equivalente de arena	Clasificación	T-176	C-293-79
Pasa tamiz No. 200	Clasificación	T-11 Y T-27	C-117-89 y C-293-79
Módulo de resiliencia (Mr)	Básico para diseño de espesores	Se utiliza el método MS-1 del propio Instituto de Asfalto	

Fuente Manual de Carreteras

En función del tránsito esperado, sobre el pavimento en estudio, el método del Instituto de Asfalto recomienda los siguientes valores percentiles, para calcular el Módulo de Resiliencia de diseño de la capa de sub rasante.

Tabla 5: Valor percentil por nivel de tránsito

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de sub rasantes
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Con los valores obtenidos en el laboratorio, del Módulo de Resiliencia, de las muestras de campo, se deberá calcular el Mr de diseño de la capa de la sub rasante usando los percentiles de la tabla anterior. Para que el diseño de los espesores de una estructura de

pavimento, cumpla con su función, es necesario que los requerimientos de compactación de las capas de base y sub base, se adapten a las siguientes recomendaciones:

- ❖ Las capas de base y sub base, que son formadas por materiales granulares sin ningún tratamiento (no estabilizadas), se deben compactar con un contenido de humedad de más o menos de 1.5% de la humedad óptima, para alcanzar la densidad mínima del 100% de la densidad seca máxima de laboratorio; para tal efecto se recomiendan algunos valores para las diferentes pruebas a realizarse con materiales de sub base y base.
- ❖ Es importante señalar también, que el método incluye factores de medio ambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para tal caso se consideran tres diferentes temperaturas, dependiendo de la región en donde se pretenda construir el pavimento: climas fríos (7°C), templados (15.5°C) y cálidos (24°C); en los cuales se utilizan cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40, por lo que se recomienda la siguiente clasificación:

Tabla 6: Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima

Clima	Temperatura media anual del aire (TMAA)	Grado de asfalto
Frío	Menor o igual a 7°C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7° y 24°C	AC-10, AC-20
Cálido	Mayor de 24°C	AC-20, AC-40

Para espesores mínimos, en función de la cantidad de tránsito de ejes equivalentes, este método recomienda los siguientes valores para superficies de rodadura construidas sobre bases granulares normales, sin ningún proceso de estabilización.

Tabla 7: Espesores mínimos de capas asfálticas sobre base

Cantidad de ejes equivalentes	Condición del tránsito	Espesores mínimos de la capa asfáltica, en centímetros
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1,000,000	Mediano	10
Mayor de 1,000,000	Pesado	12.5 o más

Espesores de diseño, para el diseño final de los espesores de una estructura de pavimento, el método del Instituto de Asfalto, proporciona diversos nomogramas para los sistemas métrico, decimal e inglés; los cuales abarcan todas las variables que se puedan involucrar en el diseño y que fueron analizadas anteriormente. Los nomogramas son presentados a escala logarítmica para los siguientes parámetros:

- Las tres condiciones climáticas consideradas en la temperatura media anual del aire.
- Total, de ejes equivalentes acumulados durante el período de diseño.
- Módulo de resiliencia de la sub rasante.
- Capa de concreto asfáltico de una sola capa.
- Para cuando se tiene una capa de base sin estabilizar de 15 centímetros.
- Para cuando se tiene una capa de base sin estabilizar de 30 centímetros.

Tráfico y cargas de diseño, dentro de los diferentes factores influyentes para las cargas de tránsito, pueden mencionarse los siguientes: Factores principales:

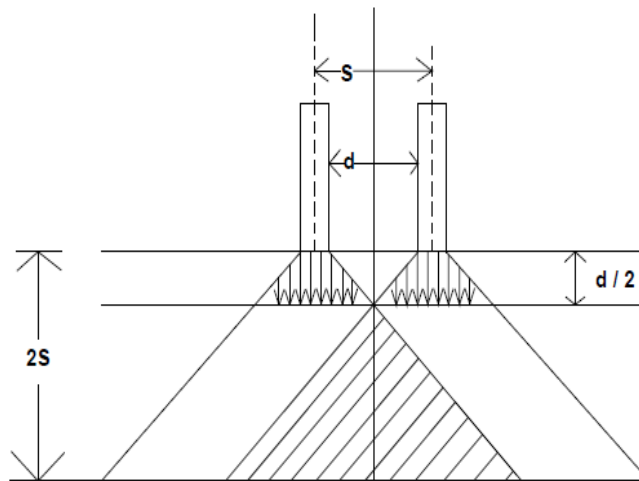
- Carga transmitida por la rueda.
- Área de influencia de la carga.
- Número de repeticiones de la carga.
- Velocidad. Factores secundarios:
- Área de contacto de la llanta, que determina la presión de contacto.

- Número de llantas en el arreglo.
- Espaciamiento entre ejes.

El tipo de vehículos que transitan por un camino, varían dependiendo del tipo de camino que se trate; por ejemplo, es diferente el vehículo utilizado en un camino turístico en donde se podrían observar automóviles de pasajeros, al vehículo utilizado en un camino minero, que serían vehículos de carga de diversos tonelajes dependiendo de las condiciones. Habrá caminos en los cuales el tránsito será mixto, como en las regiones agrícolas. Se puede decir que el tránsito de vehículos es un factor de mucha relevancia en el proyecto de un camino determinado, ya que influye directamente con el diseño geométrico. Las cargas por rueda para diseño, la profundidad a la cual los esfuerzos resultantes, dados por ruedas duales, son iguales a los de una rueda sencilla, dependen de la separación entre las mencionadas ruedas duales. Cerca de la superficie, las ruedas duales actúan independientemente. Sin embargo, a profundidades mayores, los esfuerzos provocados por ellos se traslapan, pero ellos son menores a medida que la profundidad crece, llegando a un punto en que dichos esfuerzos son despreciables.

Por medio de análisis teóricos y por medidas directas de los esfuerzos en pavimentos, sea establecido la relación que hay entre la profundidad y la separación de las ruedas duales, teniéndose que a la profundidad aproximada de $d/2$, las ruedas dejan de actuar independientemente y los esfuerzos bajo el pavimento comienzan a combinar sus efectos debido a las dos ruedas, haciéndose despreciable este efecto a la profundidad de $2s$.

Ilustración 8: Esquema de las cargas por rueda para diseño (ruedas duales)



Los cálculos para determinar la carga por rueda equivalente, pueden basarse ya sea en el criterio de la igualdad de deformación o en el criterio de la igualdad de esfuerzos. Es decir, que si se conoce la máxima deflexión que ocurre bajo un conjunto de ruedas duales, una deflexión que ocurra de la misma cantidad bajo una rueda sencilla, indica que esa rueda es equivalente a las ruedas duales. Lo mismo se puede decir, aproximadamente, acerca de lo que ocurre con los esfuerzos. A profundidades pequeñas, las máximas deflexiones ocurren bajo una rueda, mientras que a mayores profundidades las deflexiones mayores ocurren bajo el centro del conjunto de las dos ruedas.

1.2.1.6. Ejecución de un Pavimento Flexible

- ❖ Tratamientos para los Pavimentos Flexibles, haciendo referencia a los pavimentos de asfalto, se pueden tener diferentes tipos de aplicaciones, conformándose así, una amplia variedad del uso de dicho método constructivo, como los mencionados a continuación.
- ❖ Tratamientos superficiales, Utilizados frecuentemente en la ciudad de Guatemala, debido a su bajo costo y eficiencia. Está conformado por una superficie de desgaste, formada por grava triturada, con un riego de Cut Back RC2 o similar.

- ❖ Descripción Es la colocación de una capa de revestimiento de poco espesor, formada por riegos sucesivos y alternados de material bituminoso y agregados pétreos. La que no da un refuerzo de estructura sino simplemente protege la base de la acción del tiempo y del desgaste. Los tratamientos superficiales no corrigen depresiones, ni deformaciones, ni agrietamientos fuertes, solamente logran una capa impermeable.
- ❖ Propósito dotar al pavimento de mejores condiciones de impermeabilidad, suavidad para el manejo, prolongar la vida útil del paquete estructural, dar una solución técnica – económica al problema del mantenimiento.
- ❖ Criterio Se puede realizar un tratamiento superficial para tratar una superficie amplia de carretera donde el mismo este desgastada en gran parte la capa de rodadura, pero su estructura está en condiciones de recibir cargas. Cuando la superficie impermeable esta agrietada y permite la entrada de agua en la estructura del camino, la textura de la superficie es inadecuada y se ha reducido la resistencia al deslizamiento.

1.2.1.6.1. Procedimientos de ejecución, el procedimiento de ejecución del Pavimento Flexible, consiste en las siguientes etapas:

- a. Señalización adecuada en el área de los trabajos.
- b. Barrer la superficie total de calzada, con esto se evita que el transito circulante por el carril libre levante polvo que luego se ira a depositar en el riego impidiendo el ligamento entre el betún y el árido. También se debe mantener siempre húmedo el hombro por el mismo motivo, hasta que esté perfectamente limpia.
- c. Marcar la superficie de la calzada con una cuerda a lo largo de la misma, donde empieza la obra, para asegurar la correcta alineación del borde de la superficie a tratar.
- d. Fuera del sector de la obra se verifica el funcionamiento del regador de asfalto, y la temperatura en que se encuentra el

ligante. Se debe usar bidones partidos para recoger el ligante soltado en la prueba de riego de los picos, de manera de no contaminar el ambiente. Así mismo se debe calibrar el distribuidor de áridos el cual se hace generalmente donde esta apilado el material.

De esa manera se le puede recuperar. Esta calibración se hace de la siguiente forma: se da una abertura y velocidad del distribuidor determinada y se le hace pasar por encima de una lona de 1m x 1m, de esta manera se determina la cantidad de kilogramos que distribuye por metro cuadrado, variando la abertura del distribuidor y manteniendo la velocidad se calibra la cantidad de material por metro cuadrado.

- e. Concluida con la tarea anterior se ajusta la altura de la barra de riego de modo que cada punto de la superficie reciba ligante de tres salidas diferentes, además se ajusta el ángulo de la barra para obtener un riego uniforme en toda la calzada.
- f. Se debe ajustar la anchura cubierta por la barra de riego de modo que $\frac{1}{3}$ del rociado aportado por la última salida de la barra pasa por el centro de la calzada. Esto hará posible que la zona del centro de la calzada reciba la cantidad correcta de asfalto después del tratamiento de la otra mitad de la carretera.
- g. Una vez realizados todos estos ajustes se hace una prueba de dotación real de asfalto y con ello una gráfica de calibrado de tasa de reparto.
- h. Se hace la misma operación anterior en la otra mitad de la calzada.
- i. Colocación de bandas de papel fuerte en posición que asegure juntas transversales limpias en el comienzo y fin tramo. La longitud "L" estará determinada por la capacidad de los camiones que se utilicen para el tendido del material pétreo.
- j. El asfalto debe aplicarse sólo en superficie completamente seca (se debe evitar, en todo lo posible, la aplicación de tratamientos superficiales durante la estación lluviosa).

- k. El regador se coloca a unos 15 m antes del comienzo del tramo a regar, con el propósito de que entre al sector con la velocidad calculada para la cantidad de litros necesarios por metro cuadrado. Cuando llega a la zona de las bandas de papel el operario que va en la cola del camión regador abre la barra de riego y la cierra cuando pasa por la otra banda, en todo el transcurso el camión debe ir a la misma velocidad siempre.
- l. La distribución de la gravilla comienza inmediatamente después de la aplicación de asfalto, en la primera mitad se deja sin cubrir una faja de 20 centímetros a lo largo de la línea central, la que se cubre cuando se ejecuta la segunda mitad, para el tratamiento simple, si se ejecuta doble o triple es recomendable cubrir toda el área regada. La distancia entre el distribuidor de áridos y camión regador de asfalto nunca debe ser superior a 75 m (preferiblemente 30m).
- m. A la vez que se va cubriendo la superficie con grava, se procede a revisar la misma completando los lugares donde falta grava o sacándola si existiera de más, para ello se debe usar cepillo, palas, etc.
- n. Se pasan los dos rodillos neumáticos, que hacen el recorrido hacia atrás y adelante a una distancia de 50 m del distribuidor de áridos, a velocidad no mayor de 8 km/h.
- o. Si el tratamiento superficial fuera doble o triple se repite la operación antes descrita, pero con la salvedad de colocar la última capa de grava. Se hace un riego de sellado (el total de ligante regado debe ser el determinado por el pliego de especificaciones técnicas).
- p. De acuerdo al tipo de ligante utilizado se debe mantener cerrado al tránsito entre 48 y 72 horas, tiempo en que se produce el curado. Una vez cumplido estos plazos se hacen 7 pasadas completas de rodillo neumático.

- q. Después de este tiempo se puede abrir al tráfico, dejando en el lugar señales preventivas de material suelto y límites de velocidad.
- r. Luego de siete días se procede a retirar el exceso de pedrín con barrido ligero a mano o con barredora mecánica. Si se deja en la calzada puede dañar los vehículos o romper parabrisas.
- s. En lugares donde se haya producido exudación, será necesario el extendido de arena gruesa.
- t. Se retiran los dispositivos de señalización temporal.

1.2.1.6.2. Macadam de penetración, este tipo de tratamiento es utilizado en lugares en donde es muy común el tráfico pesado; conformándose por una capa de superficie de 5 centímetros de espesor, compactada sobre una base de grava triturada, preparada con anterioridad; por lo general se usa asfalto Cut Back RC2 de curado medio.

1.2.1.6.3. Riegos de sello, corresponde al sistema de riego que se ha separado, tomando en cuenta la función que desempeña. Este tratamiento tiene los siguientes objetivos:

- ❖ Impermeabilizar los pavimentos contra el agua y la humedad.
- ❖ Mejorar las características antiderrapantes de los pavimentos construidos.
- ❖ Mejorar la visibilidad nocturna o formar señales de tránsito por medio de cambios de colores.

1.2.1.7. Carpeta de arena – asfalto

Tratamientos comúnmente utilizados en las ciudades, debido a que son silenciosos, uniformes y fáciles de limpiar. Son conformados por una proporción de asfaltos y agregados finos. Como material aglutinante se utilizan asfaltos del grado de penetrabilidad a razón de 5, 6 o 7% máximo por peso del agregado. El mezclado se realiza en planta ordinaria para mezcla en caliente y el tendido y compactación requieren de técnicas usadas en otros pavimentos.

1.2.1.8. Pavimentos con emulsión asfáltica

Pavimentos conformados por agregados pétreos, los cuales consisten en roca triturada, arena y polvillo además de bitumen; consisten también en emulsión asfáltica MS-2 o similar. En caso de tenerse un espesor igual o mayor a 8 centímetros es recomendable colocarlos en dos capas.

1.2.1.9. Concreto asfáltico en caliente

Esta actividad consistirá en el suministro, colocación, extendido y compactado de una mezcla de concreto asfáltico en caliente. En el espesor requerido, sobre una base granular previamente acondicionada o sobre la superficie de un pavimento existente al cual se pretenda reforzar su estructura. En ambos casos previamente se deberá aplicar un riego asfáltico de liga.

Propósito Restitución de las características originales del camino, como ser textura superficial, impermeabilidad, reducción de las deformaciones transversales y longitudinales, seguridad, confort, dotar de una mayor capacidad para distribuir las cargas.

Criterios para la ejecución de este trabajo, se requiere que el tramo a colocar el concreto asfáltico en caliente, no haya experimentado una deflexión mayor que las especificadas; que el deterioro de la capa de rodadura sea generalizado. Depende también de la importancia que posee el tramo para el desarrollo regional.

1.2.1.10. Procedimientos de ejecución, los procedimientos de ejecución para un Pavimento Flexible, son los que se presentan a continuación:

- a. Señalización del sector donde se ejecutará la carpeta asfáltica, colocación de conos, carteles de seguridad y personal para desviar el tránsito, en general se realiza primero un carril para permitir la circulación por el otro carril.
- b. Barrer la superficie total de calzada, con esto se evita que el tránsito levante polvo que se va a depositar en el riego de liga impidiendo el ligamento entre la nueva carpeta y la existente, también se debe

mantener siempre húmedo el hombro por mismo motivo, hasta que este perfectamente limpia.

- c. Marcar la superficie de la calzada con una cuerda por el borde de la calzada, para asegurar la traza del borde del riego de liga.
 - d. Fuera del sector de la obra se verifica el funcionamiento del regador de asfalto, temperatura en que se encuentra el ligante. Se debe usar bidones partidos para recoger el ligante soltado de manera de no contaminar el ambiente.
 - e. Concluida con la tarea anterior se ajusta la altura de la barra de riego de modo que cada punto de la superficie reciba ligante de tres salidas diferentes, además se ajusta el ángulo de la barra para obtener un riego uniforme en toda la calzada.
6. Colocación de bandas de papel fuerte en posición que asegure juntas transversales limpias en el comienzo y fin tramo.
- f. El regador se coloca a unos 15 metros antes del comienzo del tramo a regar, con la intención de poder entrar al sector con la velocidad calculada para la cantidad de litros por metro cuadrado, cuando llega a la zona de las bandas de papel el operario que va en la cola del camión regador abre la barra de riego y la cierra cuando pasa por la otra banda, en todo el transcurso el camión debe ir a la misma velocidad siempre.
 - g. Con todas estas precauciones se procede a efectuar el riego de liga cuyas proporciones podrán variar entre 0.2 a 0.4 litros por m². La temperatura de aplicación será de 60 a 80 °C. Antes de colocar el concreto asfáltico se deberá esperar un tiempo mínimo de una hora (1 hora) para permitir la evaporación del solvente del asfalto RC-250.
 - h. Se verifica que la plancha de la terminadora de asfalto este limpia en orden de a evitar defectos en la aplicación. A continuación, se procede a calentarla para que no se pegue al principio de la extensión, conjuntamente se debe hacer una calibración previa de la plancha con las alturas requeridas (se colocan tacos de madera con la altura 38 requerida), verificar que la tolva de la terminadora esté limpia y seca.
 - i. Una vez concluidas las tareas anteriormente especificadas se comienza con el extendido de la mezcla cuyo espesor y ancho se ira

corrigiendo hasta alcanzar el requerido por el contrato. Cuando la parte trasera de un camión vuelca la carga sobre la extendidora, se debe tener cuidado de no hacerlo de golpe.

- j. La compactación inicial se hace con el rodillo neumático (compactador de llantas). Es importante, en el empleo de esta máquina que las ruedas estén limpias, para evitar que se pegue material de la carpeta, que la presión de las ruedas sea la misma para todas e igual a 6 Kg./cm².
- k. Para obtener buena compactación, el rodillo de trabajar con sus ruedas motrices tan próximo como sea posible a la terminadora. Hacer pasadas paralelas comenzando desde el borde hacia el centro en la primera media calzada y desde el centro hacia afuera en la segunda media calzada. El número de pasadas completas depende del espesor y material de la mezcla.
- l. La segunda etapa de la compactación, se desarrolla con una apisonadora de rodillo de acero vibratorio. Se debe tener especial cuidado en reducir gradualmente la velocidad, al final de cada pasada, de forma que se pueda invertir la marca sin tirones. Cuando se use esta máquina se debe comprobar además que los rodillos estén limpios para evitar dejar marcas en la superficie, asegurarse que el sistema de riego contiene agua y que funciona. La apisonadora debe ir borrando las huellas dejadas por el rodillo de neumáticos, y debe hacer el mismo recorrido que el de neumáticos. La compactación se debe terminar antes que el material se enfrié demasiado.
- m. Se ejecuta de la misma manera la otra media calzada.

1.2.1.11. Mantenimiento del Pavimento Flexible

1.2.1.11.1. Mantenimiento de la red vial pavimentada, estos trabajos consisten en reparaciones generales, de las carreteras pavimentadas, las que pueden ser mantenimiento de rutina o mantenimiento periódico. El concepto de reparaciones generales abarca todo tipo de tareas a realizar tanto de carácter localizado y de tamaño

limitado como aquellas en las cuales se debe ejecutar una reparación total o parcial de la calzada:

- Mantener impermeable la superficie de la calzada, evitando el paso del agua a través de ella o del borde del pavimento, el cual debilita las capas inferiores en las que está apoyado.
- Mantener y renovar la calidad de la superficie de la calzada y con ello las buenas condiciones de rodadura y seguridad.

Descripción, consiste en la excavación, extracción y retiro de todo material inadecuado por debajo de la superficie del pavimento existente hasta llegar a la capa no alterada. La colocación en sucesivas capas de material compactadas (no mayor de 10 centímetros) hasta alcanzar la sub rasante, este puede ser base de grava o de roca triturada, para luego colocar mezcla asfáltica la que puede ser fría o caliente. Las causas principales de la aparición del bache son:

- Baja calidad de materiales en la construcción del pavimento.
- Infiltración de agua.
- Disgregación del material bajo la acción del tráfico.
- Estado siguiente al desarrollo de grietas en piel de cocodrilo o de hundimiento. 40 por lo tanto si no se procede al relleno del bache, este se irá ampliando progresivamente el hueco y se formaran nuevos baches.

1.2.1.11.2. Propósito Corregir daños o defectos superficiales, tales como peladuras, desintegraciones, fisuramiento tipo piel de cocodrilo, daños en la base y sub base debido a la fatiga y fracturamiento que ha sufrido la carpeta asfáltica.

1.2.1.11.3. Criterio para realizar el mantenimiento, Cuando estos daños aislados afecten el normal desplazamiento del tránsito constituyendo depresiones que se perciben al circular sobre estas y que su origen no esté relacionado

con las capas inferiores (como por ejemplo mal drenaje de las aguas subterráneas) y en tanto que el área promedio de estos daños no exceda, de 20 metros cuadrados o no cubra en total más del 30% de la sección a reparar, mayores extensiones corresponde un proceso de rehabilitación.

1.2.1.11.4. Procedimiento de ejecución de un Pavimento Flexible, el procedimiento de ejecución de un Pavimento Flexible, se describe así:

- a. Señalización del área de los trabajos.
- b. Marcado de la zona a reparar con tiza u otro elemento dibujando un rectángulo debiendo ser dos de sus lados perpendicular al eje del camino.
- c. Cortar el bache por el rectángulo en forma pareja y vertical.
- d. Quitar todo el material suelto y toda el agua que está contenida dentro del rectángulo.
- e. Profundizar el bache hasta encontrar material firme y seco, si este estuviera húmedo se debe dejar abierto el tiempo necesario hasta que se seque.
- f. Recortar el fondo del bache de modo que quede plano, horizontal, sin material suelto y compactarlo.
- g. Impermeabilizar o ligar la base con el material bituminoso adecuado.
- h. Colocación de la mezcla asfáltica (fría o caliente) en una o dos capas de espesor similar, mediante el uso de rastrillos extendedores, sin permitir la segregación de los materiales.
- i. Compactación de la mezcla con plancha vibratoria y mazos apisonadores aprobados, asegurándose que la última capa compactada que al mismo nivel que el pavimento lindante. En caso de la que superficie a rellenar con mezcla asfáltica sea mayor de los 10 metros cuadrados es aconsejable, por el costo y el rendimiento, distribuir con patrol y usar un compactador neumático autopropulsado y una aplanadora de rodillo liso

también autopropulsada. Después de verificar el acabado de los trabajos se procede a retirar la señalización temporal.

1.2.1.11.5. Escarificación, conformación, compactación e imprimación del pavimento existente

Descripción, Este trabajo consistirá en la esscarificación, desintegración del material constitutivo de la carpeta asfáltica o del tratamiento asfáltico del pavimento original del camino, humedecimiento, mezclado, vuelto a conformar, y compactado de la mezcla lograda. El trabajo descrito deberá hacerse de modo tal que la capa esscarificada llegue a mezclarse con el material de base presente en la estructura del pavimento y/o con el material de base que pudiera agregarse con fines de reforzar la estructura de la misma.

Criterios Se realizará en tramos de carretera excesivamente dañados, donde exista la presencia generalizada de baches.

1.2.1.11.6. Procedimientos de ejecución, para el mantenimiento de un Pavimento Flexible, son los siguientes:

- a. Señalización del área de los trabajos.
- b. Utilizando nivelación de precisión, el supervisor tomará las secciones transversales del camino y en tramos máximos de veinte metros, nivelará previo a la ejecución de los trabajos. Amojonar el eje del camino o los diferentes puntos si se tratase de una curva.
- c. Ingreso del Escarificador para el proceso de desmenuzando y desintegración de la capa de material a tratar. Cuando la superficie de rodadura a tratar la constituya algún tipo de tratamiento superficial asfáltico se podrá aceptar el uso del desgarrador de la motoniveladora apoyado por un equipo auxiliar vibro compactador, necesario para lograr resultados similares.
- d. Quitar todo el material mayor de 1 ½”.

- e. Acumular el material en promontorios extendidos longitudinalmente, incorporar el nuevo material si fuese necesario, humedecer uniformemente a medida que se mezcla el material escarificado.
 - f. Concluida con la tarea anterior se comienza el tendido del material y se procede a la compactación con un rodo vibro compactador que debe ser de tal diseño, peso y calidad que permita obtener la densidad especificada. También es conveniente hacer algunas pasadas con un rodillo neumático con el fin de compactar el material más fino que queda en la superficie).
 - g. Nivelación y posterior corte de la base.
 - h. Barrido para eliminar todo el polvo suelto, para lograr una mejor penetración del asfalto rebajado en la base. Previo a esta operación se debe efectuar un riego tenue de toda la base, para poder así mitigar el polvo restante que no pudo sacar la barredora mecánica.
 - i. Riego de Imprimación de la base con el material bituminoso adecuado, MC-70 o Emulsión (SS-1, CSS-1, MS-1) de corte rápido o medio a razón de 0.95 a 1.9 litros por metro cuadrado.
10. Cierre del sector producido por el corte del asfalto rebajado entre 48 y 72 hora después de aplicado el riego.

1.2.1.11.7. Recuperación y estabilización con emulsión asfáltica para un pavimento existente

Descripción, Es la capa de base, constituida por la carpeta de rodadura y capas de bases existentes, mezcladas con material bituminoso, con el objeto de mejorar sus condiciones de soporte y resistencia a la humedad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a las capas subyacentes de la estructura del pavimento. El espesor a recuperarse debe ser como mínimo de 20 centímetros.

Propósito Mejorar la calidad tanto en el aspecto de su impermeabilidad como en el mejoramiento de valor soporte de la base existente, y dar así una solución a los problemas mantenimiento de las carreteras.

Criterios Esta actividad se podrá realizar cuando el deterioro de la estructura de pavimento sea generalizado y se necesite, debido al aumento de carga, mejorar su calidad portante. A esta solución se llega cuando estabilizando la base se alcanza a los valores requeridos por la nueva situación de carga.

1.2.1.11.8. Fallas, la tecnología que el ingeniero de pavimentos ha ido desarrollando, tiene por objeto evitar la aparición de todo un conjunto de deterioros y fallas; se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto. La descripción y discusión de las fallas de los pavimentos no es una tarea sencilla; su variedad y diferencia de matices bastarían para que no lo fuese, sin contar con otras dificultades, incluso ajenas a los hechos ingenieriles propiamente dichos. En pavimentos, es común que la palabra falla se utilice tanto para verdaderos colapsos o desastres locales, como para describir deterioros simples o lugares de posible evolución futura desfavorable.

Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos fundamentales:

1.2.1.11.9. Fallas por fatiga

Se trata de pavimentos que originalmente se encontraban en situaciones apropiadas, pero debido a las cargas de tránsito, sufrieron efectos de fatiga y degradación estructural. Este tipo de fallas se puede es muy común luego de un largo tiempo de servicio.

Las fallas de los pavimentos flexibles, además de clasificarse por su origen, pueden dividirse también por el modo en que suceden y se manifiestan:

Tabla 8: Tipos, manifestaciones y causas de fallas en pavimento flexible

TIPO	MANIFESTACIÓN	CAUSAS
Fracturamiento	Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga) Cambios de temperatura Cambios de humedad (defecto constructivo) Ondulamiento por fuerzas horizontales (deficiencia estructural o defecto constructivo) Contracción
	Dstrucción por Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga) Cambios de temperatura Cambios de humedad (defecto constructivo)
Deformación	Deformación permanente	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Proceso de deformación viscosa (fatiga, insuficiencia estructural y defecto constructivo) Aumento de compacidad (defecto constructivo, rotura de granos) Consolidación Expansión
	Falla	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Aumento de compacidad (defecto const. rotura de granos) Consolidación Expansión
Desintegración (falta de carpeta)	Remoción	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito
	Desprendimiento	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito Degradación de los agregados

Tabla 9: Principales factores fallas de un pavimento flexible

TIPO DE FALLA	TRÁNSITO	PAVIMENTO	CIMENTACIÓN (apoyo)
Fracturamiento	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Rigidez de las diversas capas Flexibilidad (adaptabilidad a la fatiga) Durabilidad Deformación plástica Deformación elástica	Rigidez en base y sub base Deformación plástica Deformación elástica
Deformación	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Espesor Resistencia Compresibilidad Susceptibilidad a cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica	Susceptibilidad a los cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica
Desintegración (fallas de carpetas)	Presión de la llanta Repeticiones Velocidad	Características del asfalto Características del agregado (porosidad, falta de adherencia con el asfalto)	Resistencia en las capas de pavimento Infiltración de agua Cambios de temperatura

1.2.1.11.10. Agrietamiento tipo “piel de cocodrilo”

Se trata de un agrietamiento que se presenta en la superficie de rodadura del pavimento, generando un aspecto que da nombre al fenómeno.

Este tipo de falla es indicio de movimiento excesivo de una o más de las capas del pavimento o fatiga, en muchos casos hasta en la propia carpeta.

Este agrietamiento es muy común en pavimentos flexibles construidos sobre terracerías; se da también en bases débiles o con mala compactación.

Este fenómeno puede ser progresivo, terminando en destrucciones locales del pavimento, que comienzan con desprendimientos de la carpeta en lugares determinados y en la remoción acelerada de materiales granulares expuestos. Cuando se llega a estas condiciones, puede afirmarse con mayor certeza que la falla está ligada a deficiencias estructurales en la base.

Causas: En la mayoría de los casos, los agrietamientos son causados por deflexiones excesivas de una superficie apoyada sobre una sub rasante capas inferiores inestables de pavimento. El

soporte inestable es, generalmente, la consecuencia de la saturación de bases granulares o sub rasantes. Generalmente, el área afectada no es grande; sin embargo, algunas veces puede cubrir el ancho completo de la carretera. Cuando esto ocurre, probablemente es debido a la acción de cargas repetidas que exceden la capacidad de carga del pavimento.

Reparación: Como las grietas son usualmente el resultado de la saturación de bases o sub rasantes, la corrección debe incluir la remoción del material húmedo y la instalación del drenaje necesario.

1.2.1.12. Fallas en el pavimento asfáltico

Se denomina fallas al resultado negativo que ocurre en el pavimento por las interacciones entre los materiales de la vía, su diseño, el tránsito, la geografía y el medio ambiente.

Estas fallas se pueden clasificar en dos tipos: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que se originan por un deterioro en el paquete estructural del pavimento lo que lleva a una disminución en la cohesión de las capas del paquete estructural y afectan su comportamiento frente a cargas externas. Las segundas por otro lado, afectan la transitabilidad mediante la disminución de la calidad aceptable de la superficie de rodadura, así como la estética y la seguridad que brinda la vía al usuario.

Cada falla posee tres niveles de clasificación respecto a la gravedad con la que se presenta en la vía: bajo, moderado y severo. El primero indica que su severidad afecta el confort del tránsito, pero no es necesaria la reducción de la velocidad para circular de forma segura. La segunda implica maniobras para evitar incidencias en la vía y reducción en la rapidez. Finalmente, la tercera requiere que se circule de forma lenta y se requiera esquivar este tipo de fallas que ponen en riesgo la seguridad de la marcha del vehículo.

1.2.2. DEFINICIONES TEÓRICAS

Según el MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS [MCSGGP]. (2013, Pg. 30). El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

BENDEZU. (2014, Pg 6). El pavimento flexible es una estructura conformada por una o varias capas de materiales apoyados íntegramente sobre el terreno, se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados preparadas para soportar las cargas repetidas del tránsito, en diferentes condiciones climáticas, sin agrietarse o deformarse excesivamente y con capacidad de transmitir las a los suelos de subrasante y de fundación, sin provocar hundimientos o asentamientos excesivos, dentro de un rango de serviciabilidad y durante el periodo de tiempo para el cual fue diseñado la estructura del pavimento.

AYALA. (2014 Pg 2). Todo pavimento flexible esté conformado por una capa de subrasante preparada y compactada a una densidad específica, una capa de sub base que puede ser omitida dependiendo de la calidad de la subrasante, una capa de base que se coloca sobre la sub base, o sobre la subrasante. Sobre la base se conforma la carpeta asfáltica que consiste de una mezcla de material bituminoso y agregados.

1.2.3. PAVIMENTO RÍGIDO:

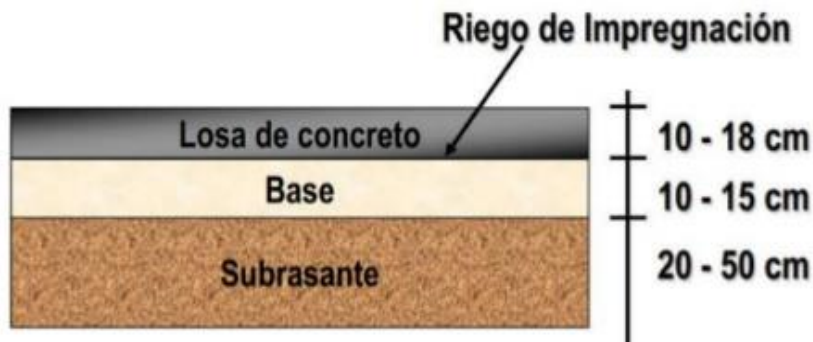
Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como

resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. Todo lo contrario, sucede en los pavimentos flexibles, que, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la sub rasante.

El pavimento rígido es la estructura conformada fundamentalmente por una losa de concreto hidráulico apoyada en una subbase de material granular que ayuda a uniformizar la cimentación del pavimento. Cuando la subrasante del pavimento resulte ser de una buena calidad se puede prescindir de una subbase, es decir la losa de concreto se puede colocar directamente en la subrasante. Aquí la distribución de los esfuerzos se presenta en forma distribuida en la superficie de la losa el cual soporta casi todas las cargas del tráfico debido a su alta rigidez que presenta el concreto hidráulico

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: sub rasante, sub base y la losa de concreto. A continuación, se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman el pavimento rígido.

Ilustración 9: Sección Transversal Pavimento Rígido



Fuente: cámara nacional del cemento

1.2.3.1. SUB RASANTE

La sub - rasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

1.2.3.2. SUB - BASE

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.

Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la sub rasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

1.2.3.3. LOSA DE RODADURA

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

1.2.3.4. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Abarca el conocimiento de diferentes variables que intervienen directamente con el pavimento rígido, complementándose con un buen diseño de juntas, derivándose diversas metodologías, las cuales son:

- Teóricas: son las que presentan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas.
- Empíricas: se apartan de la mecánica y se limitan a la clasificación de suelos y tipos de pavimentos más usualmente experimentales.

- Semiempíricas o diseños mecanicistas – empíricos, combinan los resultados anteriores, llevándose a cabo ensayos en laboratorio o vías de servicio.

Como resultado de estas metodologías, se han desarrollado técnicas que permiten diseñar las estructuras del pavimento en forma práctica y racional, por medio de los nomogramas de diseño. Para el diseño de espesores de pavimentos rígidos, se describen dos tipos de métodos:

- ❖ Método AASHTO
- ❖ Método PCA

1.2.3.4.1. Método AASHTO

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Una de las metodologías más utilizadas y adecuadas de acuerdo a la realidad nacional es la metodología propuesta por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte en su versión AASHTO 1993, en seguida se describirá todos los puntos importantes que respecta esta metodología.

Este método se basa en el uso de una ecuación empírica, desarrollada por la observación de algunos pavimentos de hormigón estudiados durante ensayos de la AASHTO sobre carreteras. Para este método, la fórmula de diseño a emplear, haciendo uso de los nomogramas, es la siguiente:

Donde:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{3.40}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dr} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

W82 = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período de diseño.

Zr = Desviación normal estándar.

So = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

Pt = Índice de serviciabilidad.

Mr = Resistencia media del concreto (en MPa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz).

Cd = Coeficiente de drenaje.

J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

Ec = Módulo de elasticidad del concreto, en MPa.

k = Módulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, sub base o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

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 Subrasante
- 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. 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.

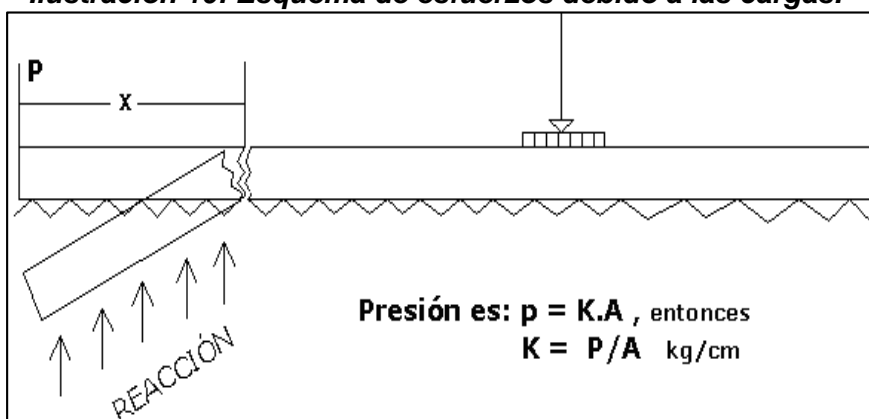
Tabla 10: Categoría de Sub rasante

CATEGORIAS DE SUB RASANTE	CBR
S₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S₁ : Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S₅ : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos – Pág, 120

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.

Ilustración 10: Esquema de esfuerzos debido a las cargas.



1.2.3.4.2. FUNCIONES DE LAS DISTINTAS CAPAS DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

1.2.3.4.2.1. SUB BASE

Normalmente es muy necesaria y casi siempre las condiciones de la sub rasante la exigen. Sus funciones son:

- Eliminar la acción de bombeo.
- Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la losa de concreto.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub rasante.

Después de la selección del tipo de pavimento de concreto, tipo de sub base, si es necesaria y tipo de hombros (con o sin hombros de concreto, mordientes y cunetas o mordientes integrados), prosigue el espesor de diseño, que es determinado en base a los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR).
- Resistencia de la sub rasante, o combinación de la sub rasante y la sub base (k).
- Los pesos, frecuencia y tipo de carga de eje de camión, que el pavimento tiene que soportar.
- Período de diseño, el cual en éste u otro procedimiento de diseño de pavimento es usualmente tomado de 20 años, pero puede ser mayor o menor.

1.2.3.4.2.2. 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

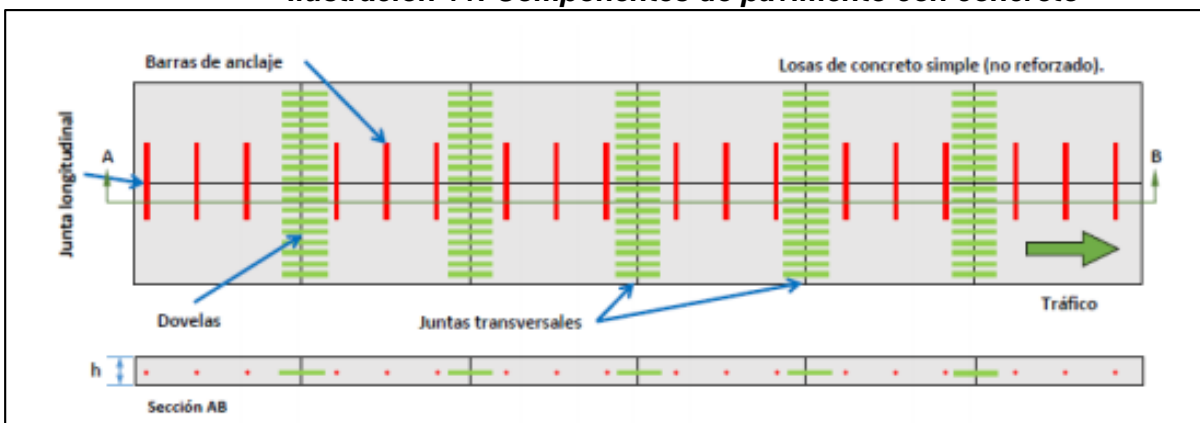
portland, debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días de 4.5 MPa.

1.2.3.4.3. PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE

Los pavimentos de concreto simple son aquellas que no tienen acero de refuerzo, se aplica mayormente para losas que están espaciadas entre 3 a 6 metros de longitud, pero lo más recomendable es no superar los 4.5 metros. La transferencia de cargas en las juntas transversales se realiza mediante fricción o trabazón de agregados, y/o mediante dovelas o barras pasa juntas de acero liso y engrasado. Además, la conexión entre carriles en las juntas longitudinales se realiza mediante barras de acero corrugado como anclajes.

Las juntas inducen el agrietamiento del concreto por las tensiones originadas principalmente por las variaciones de temperatura y humedad que experimenta la carpeta de rodadura, se aprecia en la ilustración 11 se puede observar todas sus componentes.

Ilustración 11: Componentes de pavimento con concreto



Fuente: Representación gráfica de pavimento de concreto simple y con juntas, Vásquez, 2017.

1.2.3.4.4. PAVIMENTO DE CONCRETO REFORZADO CON CONECTORES

Los pavimentos de concreto reforzado, se le denomina así porque contienen acero de refuerzo, se aplica para losas de hasta 12 metros de longitud. A pesar de tener refuerzo moderado de acero, se espera que se produzcan fisuras controladas en los paños. La transferencia de cargas en las juntas transversales se realiza mediante dovelas o barras pasa juntas de acero liso o engrasado, y del mismo modo en la conexión de los carriles en las juntas longitudinales se realiza mediante barras de acero corrugado como anclajes. En la ilustración 12 se puede observar todos componentes de este tipo de pavimento.

Ilustración 12 . Pavimento de concreto reforzado con conectores



1.2.3.4.5. DRENAJE Y SUB DRENAJE

Las obras de sub drenaje sirven para controlar las aguas subterráneas que pueden afectar a las vías de transporte terrestre.

Se puede optar por capas drenantes que son construidas con materiales granulares, los cuales pueden preverse en zonas de corte o de terraplenes. En zona de corte se construye encima de la subrasante y en zonas de terraplenes se construye entre el terreno natural y el cuerpo del terraplén.

Otra opción son los sub drenes que consisten en una red colectora formada por tuberías perforadas enterradas en las zanjas para recolectar toda el agua subterránea que llegue en esta y se puede

construir en paralela o perpendicular al eje de la vía (MTC, 2014). También existen los geo drenes que como componente principal se tienen los geotextiles que se usan como filtro para dejar escurrir el agua y evitar la migración de finos y así evitar la erosión interna.

A nivel superficial están las cunetas que son canales adosados a los lados de la corona de la vía y paralelas a los ejes longitudinales. Tiene la finalidad de recolectar el agua proveniente del talud y de la misma superficie de rodadura. También están los vados en sus diferentes variedades como los vados monolíticos y los puentes vado. Estos se construyen en las zonas de cruce de caminos con un cauce para permitir que las aguas de la superficie de rodamiento escurran sin perjudicar a la vía.

1.2.3.4.6. CONTROL DE CALIDAD

Los criterios a tener en cuenta para asegurar la calidad de los procesos, en la elaboración de la losa de concreto, se basan en cumplir los estándares de calidad que se encuentran documentados en el expediente técnico del proyecto. Típicamente se realizan las verificaciones a través de diversos ensayos en campo, muestreos y mediciones teniendo en cuenta los criterios de aceptación de un plan de puntos de inspección para que lo realizado no transforme en una conformidad. En las siguientes líneas se presentan los principales controles de calidad que se realizan en losa de concreto hidráulico de un pavimento rígido.

1.2.3.4.7. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

Consiste en obtener muestras del concreto en obra. Para ello, se realizan técnicas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana actualizada para la preparación y manejo de las muestras.

Se mide la resistencia a la compresión de las briquetas de concreto a los 3 días, 7 días y 28 días siendo principalmente medida la

resistencia a la flexión de vigas de concreto (ASTM C 94, 2014). De tal manera que se determine su módulo de rotura el cual debe ser cercano a la resistencia especificada. Esta última medición es usada en el diseño de pavimentos rígidos como un input.

La frecuencia con la que se realiza el muestreo dependerá de las variaciones importantes que existan en las propiedades del concreto. Es así como se debe realizar más muestras cuando exista mayor variación para tener un control consistente de la mezcla. También se debe tener en cuenta la cantidad de m³ a utilizar para desarrollar una cantidad de muestras acorde a ello.

En el caso de los pavimentos se realiza un control estricto de las muestras en el área al que corresponde. Siendo a nivel urbano 1 muestra por cada 100m³ de vaciado de concreto (MTC, 2014).

1.2.3.4.8. FALLAS EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

Las fallas visibles deben ser cuantificadas de acuerdo a los siguientes parámetros: tipo, severidad y extensión. El tipo se refiere a que, si son fallas funcionales o estructurales, la severidad queda definida por la apariencia de la falla expresada en porcentaje, en unidad de longitud por una descripción comparativa, o por una combinación de ellas, puede ser alta, media o baja. La extensión se expresa en orden de magnitud o en porcentaje de las juntas, del número de paños o de la longitud de la vía afectada.

a) Fallas Funcionales

Son leves relativamente, cuando un pavimento ha perdido su función inicial o asignada de antemano, se acepta que tiene falla funcional; generalmente está localizada en la capa superficial del pavimento y causa cierta incomodidad en los pasajeros que transitan la vialidad.

Pueden detectarse por simple observación visual. Entre las principales fallas funcionales tenemos: escalonamiento que es la principal causa de la rugosidad, superficie pulida, baches pequeños, fisura miento por retracción, desintegración, etc.

b) Fallas estructurales

Pueden originarse en una o varias capas del pavimento, son graves, consisten en el rompimiento del pavimento por la falla estructural de alguna o varias de sus capas o por la incapacidad del suelo que lo soporta. Estos deterioros cuando están muy avanzados, imposibilitan al pavimento para resistir las cargas que se le imponen en la superficie.

Entre las principales fallas estructurales tenemos: grietas (longitudinal, transversal, de esquina), punzonados, levantamientos, agrietamiento por durabilidad, etc. Muchas de estas fallas no son provocadas por la acción del tránsito sino por otras causas como son: malas técnicas de construcción, agrietamiento por baja temperatura, etc. No obstante, esto, la acción del tráfico acelera el proceso de deterioro.

1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ❖ **ASHTO:** Es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, sub rasante, sub bases y bases de las carreteras.
- ❖ **BASE:** Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una súbase o de la subrasante 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.
- ❖ **SUB BASE:** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base. Es la capa de la estructura de pavimento que 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 subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
- ❖ **CARPETA DE RODADURA:** La rodadura es la capa superficial del pavimento, en gran medida, la encargada de transmitir seguridad y comodidad a los usuarios.
- ❖ **CALZADA O PISTA:** Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales. (Coronado, 2015, pág. 16).
- ❖ **SUB RASANTE:** Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. (Coronado, 2015, pág. 18).
- ❖ **CBR:** El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo

y para poder evaluar la calidad del terreno para sub rasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

- ❖ **PAVIMENTO:** Es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículo.
- ❖ **RASANTE:** Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía. **(Montejo, 2016, Pág. 3).**
- ❖ **SERVICIABILIDAD:** Es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo: En otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción.
- ❖ **CONFIABILIDAD:** Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño. **(Montejo, 2016, pág. 263).**
- ❖ **TERRAPLÉN:** En ingeniería civil se denomina terraplén a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.
- ❖ **SUCS:** El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo.

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El distrito de Sauce está creciendo rápidamente y su población va en aumento constante, razón por la cual se hace merecedora de un mejor ornato, principalmente de sus calles con sus veredas y pistas bien definidas con material de concreto simple y armado, así mismo el mejoramiento de los accesos a sus jirones principales y zonas turísticas.

Razón por la cual la actual gestión Municipal, ha priorizado en su ejecución de obras, proyectos y actividades que articulen vías y/o calles con pistas existentes con otras vías que se encuentran a nivel de afirmado o tierra natural, con una adecuada y moderna infraestructura vial que garantice el normal tránsito vehicular y peatonal. Estos Jirones cuenta con varias vías de acceso a través del habiéndose incrementado el tránsito vehicular en el distrito de Sauce ya que constituye una de las principales vías de acceso del Distrito de Sauce en los últimos tiempos.

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.

La infraestructura vial constituye, la columna vertebral para el desarrollo y el crecimiento económico y social de una región y el distrito de Sauce no es la excepción. En este sentido, es necesario generar propuestas de solución para el mejoramiento de la infraestructura vial del distrito de Sauce.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el tiempo y costo de ejecución entre los pavimentos rígido y flexible, en vías urbanas del distrito de Sauce provincia y departamento de San Martín?

2.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál es el costo por m² de pavimento rígido y flexible, en vías urbanas del distrito de Sauce provincia y departamento de San Martín?

¿Cuál es el tiempo de ejecución de un proyecto de pavimento rígido y flexible, en vías urbanas del distrito de Sauce provincia y departamento de San Martín?

¿Cuáles son las diferencias al comparar el pavimento rígido y flexible, en vías urbanas del distrito de Sauce provincia y departamento de San Martín?

¿Cuáles son las recomendaciones que permitan decidirse por uno de los dos pavimentos al momento de iniciar el proyecto?

2.3. OBJETIVOS

2.1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar el tiempo y costo de ejecución, para la construcción entre los pavimentos: rígido y flexible, en vías urbanas del distrito de Sauce provincia y departamento de San Martín”

2.1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Definir recomendaciones que permitan decidirse por uno de los dos pavimentos al momento de iniciar el proyecto.

- ❖ Identificar las características más importantes tanto en los pavimentos rígidos como de los pavimentos flexibles.
- ❖ Determinar el tiempo de ejecución de un proyecto de pavimento rígido y flexible en la pavimentación de calles del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín.
- ❖ Establecer las diferencias al comparar el pavimento rígido y flexible en la pavimentación de calles del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín.

2.4. HIPÓTESIS

El estudio comparativo de costo-tiempo de ejecución, entre pavimento rígido y pavimento flexible, permite conocer la mejor alternativa de pavimentación de la Av. Leticia C1 – C15 del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín

2.5. VARIABLES

2.1.5. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tiempo y Costo de ejecución para pavimentos.

2.1.6. VARIABLE DEPENDIENTE

Construcción del pavimento.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

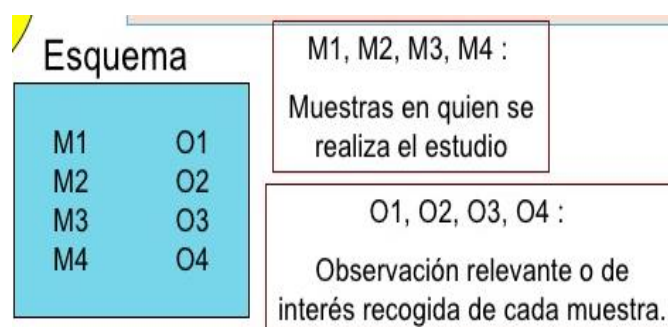
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

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 del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín.

3.2.2. MUESTRA

Se tomará la Av. Leticia C1 – C15, del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín.

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 Rígido).

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 IV: RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de Tráfico de la Av. Leticia C1 – C15 distrito de Sauce, provincia y departamento 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.

4.1.1.1. 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 y final del tramo que es la Av. Leticia, estos 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 14 horas al día por espacio de siete días consecutivos, y para la segunda estación un conteo de tráfico durante 14 horas al día por espacio de siete días. Se tomaron datos según la hora de paso, sentido y tipo de vehículos.

4.1.1.2. 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.

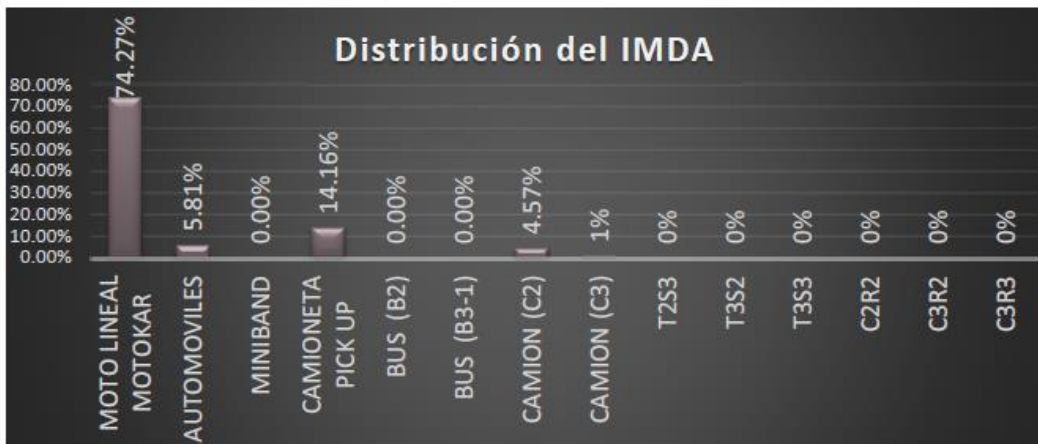
4.1.1.3. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Estos conteos de volumen y clasificación vehicular se realizaron para cada sentido del tránsito, durante 14 horas al día.

4.1.1.4. 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.

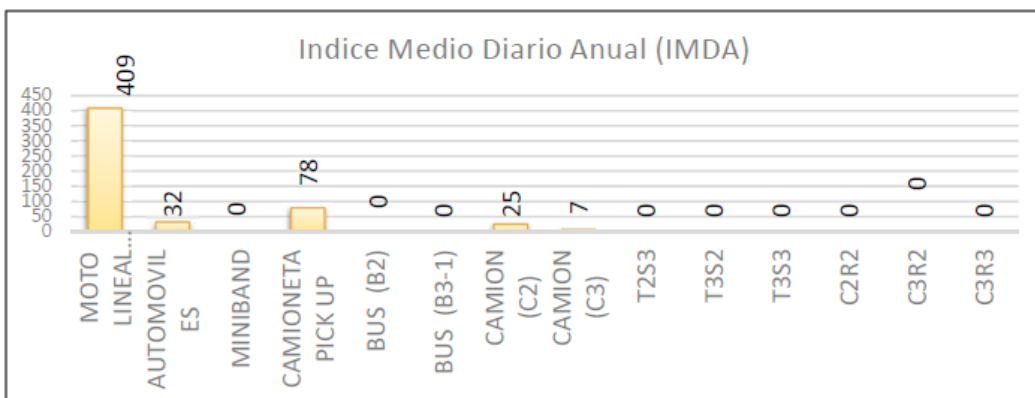
Ilustración 13: Distribución del IMDA



4.1.1.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Av. Leticia C1 – C15, se registró un Índice Medio Diario de 32 vehículos diarios.

Ilustración 14: Distribución del IMDA



4.1.1.6. 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.

Ilustración 15: Volumen de Tráfico Diario



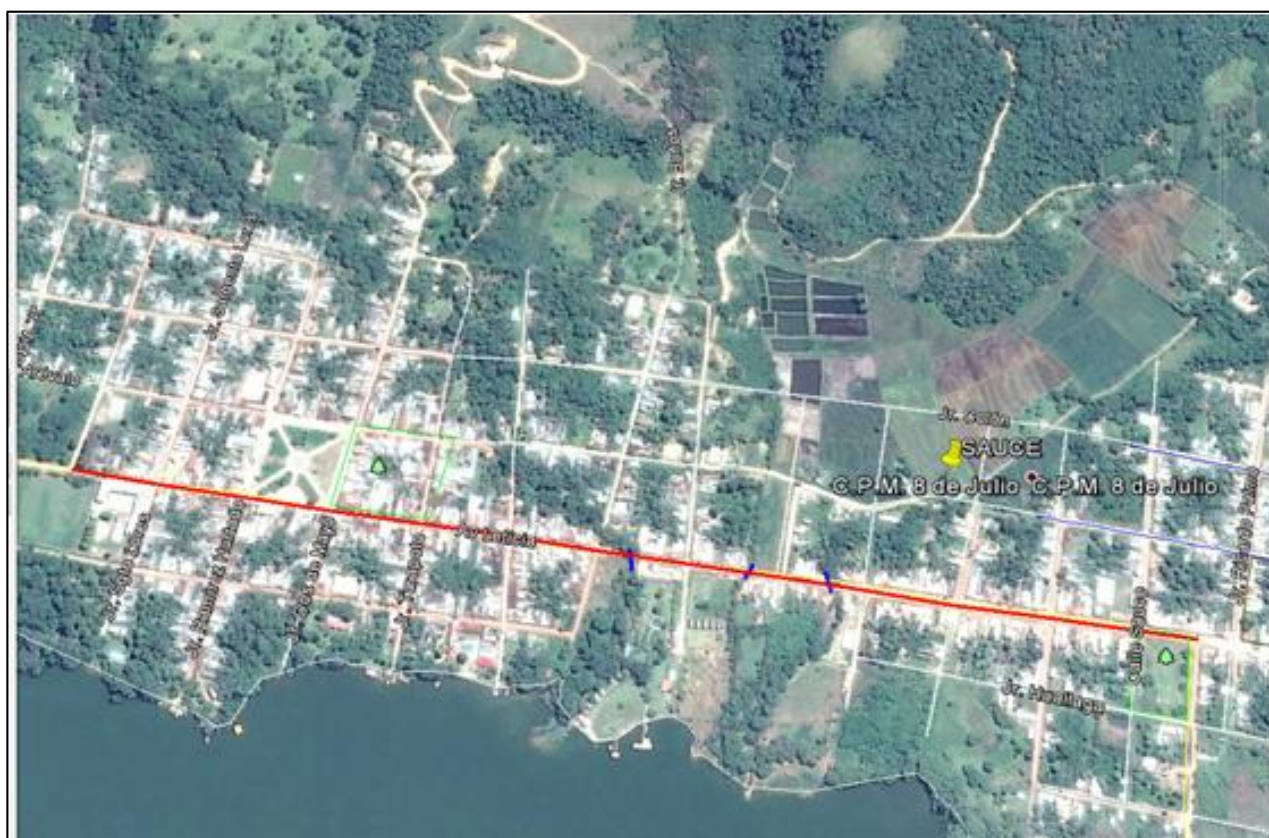
4.1.1.7. ÍNDICE DE TRÁFICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

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

4.1.2. ESTUDIO DE LA MECÁNICA DE SUELOS

El objetivo principal de este estudio es de realizar las pruebas del terreno de fundación (T.D.F.) y/o sub rasante natural, así como también el estudio del material de préstamo calificado para capa sub base, estudio de canteras de los agregados para la utilización en concreto y los diseños de mezclas de concreto.

Ilustración 16: Plano ubicación de Calicatas



Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO

Las técnicas de investigación en el campo, aplicadas al EMPS para DP son las indicadas en la tabla 11 pudiendo también emplearse otras técnicas de investigación basadas en nuevas tecnologías normadas (INDECOPI), bajo la dominación de Normas Técnicas Peruanas o el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), o en ausencias de ellas, en las Normas Técnicas Internacionales vigentes que sean aplicadas al proyecto.

Tabla 11: Técnicas de Investigación

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.2. EVALUACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio se han realizado 11 excavaciones a cielo abierto o calicatas, las cuales fueron excavadas a lo largo de la avenida, con la finalidad de determinar las propiedades índices y la capacidad relativa de soporte.

Ilustración 17: Resultados de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos-Calicatas

Calicatas (Nomenclatura C)	Profundidad alcanzada (m)	UBICACION AVENIDA
C-01	1,50	AV. Leticia C -01
C-02	1,50	AV. Leticia C -02
C-03	1,50	AV. Leticia C -03
C-04	1,50	AV. Leticia C -04
C-05	1,50	AV. Leticia C -06
C-06	1,50	AV. Leticia C - 07
C-07	1,50	AV. Leticia C -09
C-08	1,50	AV. Leticia C - 10
C-09	1,50	AV. Leticia C - 11
C-10	1,50	AV. Leticia C - 13
C-11	1,50	AV. Leticia C - 15

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

4.1.2.3.1. AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN

Tabla 12: AGRESION DEL SUELO

ELEMENTOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

Elemento Nocivo	Límites Permisibles		Tipo de Cemento Recomendado	Grado de Alteración	Observaciones
	ppm	%			
Sulfatos (*)	0 - 1000	0.00 - 0.10	---	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	1000 - 2000	0.10 - 0.20	II (IP)	Moderado	
	2000 - 20.000	0.20 - 2.00	V	Severo	
	> 20.000	> 2.00	V más puzolana	Muy Severo	
Cloruros (**)	> 6000	> 0.60	---	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión armaduras o elementos metálicos.
Sales Solubles Totales (**)	> 15000	> 1.50	---	Perjudica	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación

*Comité 318-83ACI
**Experiencia Existente

Fuente: Expediente Técnico

La ubicación de las calicatas y sus características se realizó de acuerdo a la topografía y ubicación del área de estudio sin salir de las normativas AASHTO y NTP para EMS.

Las calicatas fueron realizadas según la Norma Técnica ASTM D420, las cuales son aplicadas a todos los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS).

El número mínimo de puntos de investigación estará de acuerdo al tipo de vía según se indica en la tabla siguiente con un mínimo de tres.

Tabla 13: Número de puntos de Investigación

TIPO DE VÍA*	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ESPACIAMIENTO MÍNIMO (m)
Expresas	1 cada	200
Arteriales	1 cada	300
Colectoras	1 cada	400
Locales	1 cada	500

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.4. PRESENCIA DE SUELOS ORGÁNICOS Y EXPANSIVOS

4.1.2.4.1. 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.

Tabla 14: LIMITE DE INDICE DE PLASTICIDAD

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

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.4.2. 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.

Tabla 15: INDICE PLASTICO DE CALICATAS

CALICATAS	PROF. (m)	INDICE PLASTICO	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
C1	1.50	27.80	MEDIO
C2	1.50	28.55	MEDIO
C3	1.50	20.54	MEDIO
C4	1.50	24.37	MEDIO
C5	1.50	26.71	MEDIO
C6	1.50	24.45	MEDIO
C7	1.50	18.44	MEDIO
C8	1.50	21.32	MEDIO
C9	1.50	28.35	MEDIO
C10	1.50	26.12	MEDIO
C11	1.50	27.14	MEDIO

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO

Con fines de evaluar la capacidad de soporte del terreno de fundación o subrasante existente, se realizaron los trabajos de laboratorio y el CBR encontrado se expresa en los siguientes cuadros.

Tabla 16: Resumen de Ensayos – características del suelo

N° CALICATA	MUEST.	PROCEDENCIA DE MATERIAL	UBICACIÓN	ESPESOR EMS	PROFUNDIDAD (M)	ENSAYOS DE PLASTICIDAD SEGÚN EMS			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA					CLASIFICACIÓN DEL SUELO		PROCTOR		CBR SEGÚN EMS		HUMEDAD
						L.L. %	L.P. %	I.P. %	2"	# 4	# 10	# 40	# 200	AASHTO	SUCS	D _{máx}	H _{ópt}	95%	100%	IN SITU
																gr/cm³	%	MSD	MSD	
C-01	M - I	SUELO ORGÁNICO	AV. LETICIA C-01	0.50	0.00 - 0.50	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.00	0.50 - 1.50	52.80	27.80	25.00	100.00	99.07	98.18	97.13	87.95	A-7-6(25)	CH	1.689	15.80	4.55	8.23	19.41
C-02	M - I	SUELO ORGÁNICO	AV. LETICIA C-02	0.40	0.00 - 0.40	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		0.70	0.40-1.10	37.18	18.93	18.25	100.00	100.00	99.82	97.72	68.91	A-6(11)	CL					17.47
	M - III	SUELO NATURL		0.40	1.10-1.50	49.73	28.55	21.18	100.00	99.82	99.71	98.55	77.57	A-7-6(18)	ML					24.30
C-03	M - I	SUELO ORGÁNICO	AV. LETICIA C-03	0.20	0.00 - 0.20	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.30	0.20 - 1.50	48.97	20.54	28.43	100.00	99.29	98.86	98.05	88.50	A-7-6(27)	CL					22.51
C-04	M - I	SUELO ORGÁNICO	AV. LETICIA C-04	0.50	0.00 - 0.50	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.00	0.50 - 1.50	57.53	24.37	33.16	100.00	99.63	99.32	98.72	92.73	A-7-6(35)	CH	1.694	15.35	4.80	8.67	21.44
C-05	M - I	SUELO ORGÁNICO	AV. LETICIA C-06	0.50	0.00 - 0.50	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.00	0.50 - 1.50	52.41	26.71	25.70	100.00	100.00	99.67	99.10	93.61	A-7-6(28)	CH					17.64

Fuente: Expediente Técnico

Tabla 17: Resumen de Ensayos – características del suelo

C-06	M - I	SUELO ORGANICO	AV. LETICIA C-07	0.60	0.00 - 0.60	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		0.90	0.60 - 1.50	45.16	24.45	20.71	100.00	99.80	99.74	99.31	82.20	A-7-6(18)	CL					21.41
	M - I	SUELO ORGANICO		0.40	0.00 - 0.40	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
C-07	M - II	SUELO NATURL	AV. LETICIA C-09	0.60	0.40-1.00	38.24	18.44	19.80	100.00	100.00	99.87	98.18	65.78	A-6(11)	CL					23.31
	M - III	SUELO NATURL		0.50	1.00-1.50	NP	NP	NP	100.00	100.00	99.94	98.95	12.94	A-2-4(0)	SM					18.54
C-08	M - I	SUELO ORGANICO	AV. LETICIA C-10	0.45	0.00 - 0.45	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.05	0.45 - 1.50	25.31	21.32	3.99	100.00	100.00	99.93	97.25	36.58	A-4(0)	SM	1.956	12.20	14.60	22.05	21.37
C-09	M - I	SUELO ORGANICO	AV. LETICIA C-11	0.50	0.00 - 0.50	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		1.00	0.50 - 1.50	55.01	28.35	26.66	100.00	100.00	100.00	99.32	96.79	A-7-6(31)	CH					35.31
C-10	M - I	SUELO ORGANICO	AV. LETICIA C-13	0.40	0.00 - 0.40	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	---	---	---	---
	M - II	SUELO NATURL		0.60	0.40-1.00	48.65	26.12	22.53	100.00	100.00	100.00	99.69	90.07	A-7-6(23)	CL					30.73
	M - III	SUELO NATURL		0.50	1.00-1.50	62.11	30.03	32.08	100.00	100.00	100.00	99.94	99.55	A-7-5(39)	CH	1.78	14.50	3.85	8.08	37.52
C-11	M - I	SUELO ORGANICO	AV. LETICIA C-15	0.40	0.00 - 0.40	---	---	---	Capa de Suelo Orgánico + Relleno					A - 8	CL-PT	---	-	-	-	-
	M - II	SUELO NATURL		1.00	0.40 - 1.50	53.98	27.14	26.84	100.00	100.00	99.98	99.69	96.26	A-7-8(30)	CH					34.58

Fuente: Expediente Técnico

Se puede observar en los cuadros resumen de características del suelo, los resultados de la capacidad de soporte (CBR) de la sub rasante se encuentran entre CBR=3.85%, 4.55%, 4.80% y 14.60% estos resultados en promedio reflejan una sub rasante de clasificación "POBRE" o de baja calidad como terreno de fundación.

Teniendo en cuenta la clasificación de la sub rasante, el pavimento para soportar el tránsito será diseñado considerando un mejoramiento del terreno natural o sub rasante con un mínimo de 0.20cm de espesor, recuérdese que el suelo de la sub rasante se clasifica como CH (suelos arcillosos de alta plasticidad y de consistencia blanda), no aptos para la capa de sub rasante, por lo tanto se debe eliminar para luego colocar la capa de mejoramiento y sobre ello se colocará el paquete estructural del pavimento.

4.1.2.6. ENSAYOS QUÍMICOS

Los ensayos de laboratorio a los cuales se sometieron las muestras y que como resultado de su análisis se describe como despreciable el ataque de sustancias hacia el concreto.

Cuadro 1: Ensayos Químicos

Calicata N°	Muestra	PROF. (m)	PH	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Sales Solubles Totales (ppm)
C - 01	Suelos	0.60-1,50	5.30	13.50	93.40	147.90
C - 03	Suelos	0.50-1,50	5.15	15.90	96.10	148.20
C - 05	Suelos	1.10-1,50	4.60	13.70	97.10	149.30
C - 07	Suelos	0.20-1,50	4.90	10.90	9210	153.20
C - 09	Suelos	0.50-1,50	5.50	13.70	102.30	150.30

Fuente: Expediente Técnico

4.1.2.7. PERFIL DEL SUELO

El perfil estratigráfico del suelo está constituido de la siguiente manera:

CALICATA N° 01 (AV. Leticia C - 01)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.50 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de e=0.50 mts.

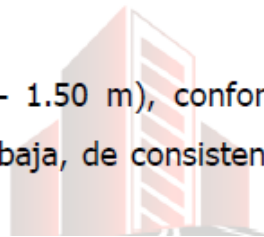
Estrato II CH: (0.50 – 1.50 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia semi dura de color amarillo de e= 1.00 mts.

CALICATA N° 02 (AV. Leticia C - 02)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.40 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de e=0.40 mts.

Estrato II CL: (0.40 – 1.10 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, de consistencia semi dura de color amarillo de e= 0.70 mts.

Estrato III ML: (1.10 – 1.50 m), conformado por un suelo limoso inorgánico de plasticidad baja, de consistencia dura de color plomo de e= 0.40 mts



CALICATA N° 03 (AV. Leticia C - 03)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.20 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e=0.20$ mts.

Estrato II CL: (0.20 – 1.50 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, de consistencia dura de color amarillo de $e=1.30$ mts.

CALICATA N° 04 (AV. Leticia C - 04)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.50 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e=0.50$ mts.

Estrato II CH: (0.50 – 1.50m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia semi dura de color amarillo de $e= 1.00$ mts.

CALICATA N° 05 (AV. Leticia C - 06)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.40 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e=0.50$ mts.

Estrato II CH: (0.40 – 1.50m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia semi dura de color amarillo de $e= 1.00$ mts.

CALICATA N° 06 (AV. Leticia C - 07)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.60 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e=0.60$ mts.

Estrato II CL: (0.60 – 1.50 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, de consistencia suave de color amarillento de $e= 0.90$ mts.

CALICATA N° 07 (AV. Leticia C - 09)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.40 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e = 0.40$ mts.

Estrato II CL: (0.40 – 1.00 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, de consistencia suave de color amarillo de $e = 0.60$ mts.

Estrato III SM: (1.00 – 1.50 m), conformado por un suelo arenoso limoso mezcla de arena y limos mal graduados no plásticos, de compacidad baja de color blanco de $e = 0.50$ mts.

CALICATA N° 08 (AV. LeticiaV C - 10)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.45 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e = 0.45$ mts.

Estrato II SM: (0.45 – 1.50 m), conformado por un suelo arenoso limoso mezcla de arena y limos mal graduados no plásticos, de compacidad baja de color amarillo de $e = 1.05$ mts.

CALICATA N° 09 (AV. Leticia C - 11)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.50 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de $e = 0.50$ mts.

Estrato II CH: (0.50 – 1.50 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia suave de color plomo de $e = 1.00$ mts.

CALICATA N° 10 (AV. Leticia C - 13)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.40 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de e= 0.40 mts.

Estrato II CL: (0.40 – 1.00 m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad media, de consistencia suave de color amarillo de e= 0.60 mts.

Estrato III CH: (1.00 – 1.50m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia suave de color plomo de e= 0.50 mts.

CALICATA N° 1 (AV. Leticia C - 15)

Estrato I CL-PT: (0.00 – 0.40 m), capa de relleno + material orgánico puesto por arena, arcilla y limo con presencia de raíces y bolsas de color oscuro de e= 0.40 mts.

Estrato III CH: (0.40 – 1.50m), conformado por un suelo arcilloso inorgánico de plasticidad elevada, de consistencia suave de color plomo de e= 1.10 mts.

4.1.2.8. CARACTERISTICAS ESTATIGRAFICAS

Para la vía de la Av. Leticia desde la calicata N°01 cuadra 01 hasta la calicata N°11 cuadra 15, se caracteriza por presentar una primera capa de material orgánico + relleno contaminado compuesto por arena y arcillas con presencia de raíces y bolsas en un espesor que van desde 0.20 hasta 0.50m, esta primera capa será eliminada.

Para toda el área de estudio, debajo el primer estrato o capa encontramos suelos finos de alta plasticidad de color marrón y amarillento de consistencia suave. Se adjunta los registros de excavación cuyo dato ha sido obtenido con la finalidad de crear un perfil estratigráfico del suelo del área de estudio.

4.1.2.9. AGRESIÓN POR SALES

No se detectó hasta la profundidad investigada la presencia de sales solubles (cloruros y sulfatos), de los análisis respectivos a la agresión al concreto simple y armado de la cimentación, se recomienda usar cemento portland tipo I o II.

4.1.2.10. PARAMETROS DE SUELOS

Condiciones Geotécnicas: Para los efectos de esta norma, los perfiles de suelos se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas de suelos, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Tabla 18: Parámetros de suelos

PARAMETROS DEL SUELO			
TIPO	DESCRIPCION	Tp (S)	S
S0	Roca Dura	0.30	0.80
S1	Roca o Suelos Muy Rígidos	0.40	1.00
S2	Suelos Intermedios	0.60	1.15
S3	Suelos Flexibles o con estratos de gran espesor	1.00	1.20
S4	Condiciones Excepcionales	X	X

Fuente: Expediente Técnico

En este caso el proyecto presenta suelos de tipo S₂ Suelos Intermedios por lo tanto los parámetros del suelo son:

$$T_p(s) = 0.60$$

$$S_2 = 1.15 \text{ (suelos intermedios)}$$

En conclusión tenemos la tabla resumen de los datos efectos del sismo.

Tabla 19: Parámetros

FACTORES		VALORES
Factor Zona III	Z	0.35 g
Factor de Amplificación Sísmica	C	2.5
Factor de Uso	U	1.50
Parámetros de Suelo	S2 (suelos intermedios)	1.15
Periodo Predominante	Tp (Arena, Arcillas limos)	0.60

4.1.3. CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

Se utilizará materiales de construcción de la cantera del rio Huallaga como agregado grueso y la cantera del Rio Cumbaza como agregado fino, el agua a utilizar será de la localidad de Sauce.

Se utilizará rellenos compactados se utilizará material granular de la cantera punta del gallinazo que se encuentra en el tramo Puerto López – Sauce.

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.

Los trabajos de laboratorio se orientarán a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que servirán de base para determinar las características de cada tipo de cantera y definir su uso.

El agua para el uso de la obra, será de los ríos o quebradas adyacentes al proyecto.

4.1.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO URBANO

Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Asphalt Institute de la AASHTO comúnmente empleadas, el cual se consideran los siguientes parámetros:

- a) Calidad y valor portante de las capas de sub rasante y de fundación.
- b) Características y volumen del tráfico durante el Período de Diseño.
- c) Condiciones climáticas y de drenaje.
- d) Características geométricas de la vía.
- e) Tipo de pavimento a usarse.

Los requisitos mínimos para cada tipo de pavimento son los que se indica:

Tabla 20: Requerimientos Mínimos según tipos de pavimentos

Tipo de Pavimento		Flexible	Rigido	Adoquines
Elemento				
Capa de Sub rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas			
Capa de Sub base	CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado		
Capa de Base	CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	NA	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado	
Riego de Imprimación/ Capa de Apoyo	Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	NA		Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	CA ≥ 50 mm	CH ≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	CA ≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	CA ≥ 70 mm	NR	
	Vías expresas	CA ≥ 80 mm	CH ≥ 200 mm	NR
Resistencia Mínima	Vías locales	NA	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm ²)*	f _c ≥ 38 MPa (380 kg/cm ²)
	Vías colectoras			
	Vías arteriales	NA	MR ≥ 4,5 MPa (45 kg/cm ²)*	
	Vías expresas			

Fuente: Expediente Técnico.

4.1.4.1. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CANTERAS

Para el desarrollo de este ítem, se ha utilizado los estudios de canteras de zonas que actualmente son utilizadas en la construcción de vías asfaltadas, base, subbase, obras de concreto y específicamente todas las obras donde intervengan agregados de calidad competente que, en nuestro proyecto, han sido identificados como lechos de ríos, los mismos que tienen una potencia de explotación renovable, ya que con cada periodo de crecidas y lluvias arrastran material y recargan las zonas explotadas.

4.1.4.2. 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 21: Ensayos de Laboratorio de Canteras

Ensayo	Uso	AASHTO	ASTM	Propósito
Análisis Granulométrico por tamizado	clasificación	T88	D422	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Límite líquido	clasificación	T89	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Límite 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 Óptimo 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

4.1.4.3. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

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 (Afirmado, sub base y base), 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.

Los trabajos de laboratorio se orientaron a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que servirán de base para determinar las características de cada tipo de cantera y definir su uso.

Previo a la etapa de exploración se investigaron las canteras utilizadas en proyectos anteriores en la zona y aquellos utilizados por el Gobierno local que ha intervenido en el mantenimiento de la vía y vías adyacentes. Con dicha información se ha realizado el reconocimiento de campo, en toda el área de influencia del proyecto, fijándose las áreas donde existan depósito de materiales inertes cuyas características son aparentemente adecuadas para ser utilizadas como material de agregados para la construcción de las calles del proyecto.

La cantera propuesta como materiales de construcción para los rellenos estructurales, sub base granular, base granular, concreto asfáltico y concreto armado son: Cantera del Rio Huallaga como agregado grueso y la Cantera del Rio Cumbaza agregado fino y también de la Cantera Punta de Gallinazo tramo Puerto López – Sauce para el agregado grueso.

Tabla 22: Cantera Santa Polonia (cerro – privado)

CANTERA	ACCESO	ESTADO ACCESO	LADO	USOS	PROPIETARIO
CANTERA RIO HUALLAGA	1.0 km	Regular	Izquierdo	Agregado Grueso	Rio Huallaga

Ubicación	Tramo Puerto López - Sauce.
Acceso	A 1000m de la Carretera vía principal
Potencia	>10,000 m ³
Tiempo de Explotación	Tiempo de verano
Tipo de Explotación	Maquinaria convencional
Uso	Trabajos varios del proyecto
Tipo de material	Material de Relleno

Fuente: Expediente Técnico

Característica de la Cantera Rio Huallaga y Punta del Gallinazo – Sub Base

Este trabajo de investigación tiene por objetivo presentar el estudio y resultado de la cantera Rio Huallaga y Punta del Gallinazo, fue elaborado de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales del proyecto.

Según el estudio realizado de la Rio Huallaga y Punta del Gallinazo presenta con CLASF. AASHTO: A-1-a (0) y CLASF. SUCCS: SP – SM.

Tabla 23: Requerimiento de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento
Índice Plástico	MTC E 111	4 – 9 % máx.

Tabla 24: Características del material de cantera

Ensayo	Norma MTC	Valores		
		Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Índice Plástico	MTC E 111	4 – 9 % máx.	3.40	Cumple

Fuente: Expediente Técnico.

El presente trabajo de investigación y en base al expediente técnico del proyecto se realizó para la cantera Rio Huallaga y Punta del Gallinazo, lo cual será producida y acopiada en obra, previa aprobación de las mismas.

El material que será usado es del Rio Huallaga y Punta del Gallinazo Hormigón de Cerro 100%.

Los materiales antes de su uso están siendo zarandeados por la malla 2” de diámetro y homogenizar el mezclado para tener una mejor gradación. Característica Rio Huallaga y Punta del Gallinazo – Base

Este informe tiene por objetivo presentar el estudio y resultado de la cantera Rio Huallaga y Punta del Gallinazo fue elaborada de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales del proyecto.

Según el estudio realizado de la cantera del Rio Huallaga y Punta del Gallinazo presenta con CLASF. AASHTO: A-1-a (0) y CLASF. SUCCS: GP – GM.

Tabla 25: Requerimiento de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento
Índice Plástico	MTC E 111	4 – 9 % máx.

Tabla 26: Características del material de cantera

Ensayo	Norma MTC	Valores		
		Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Índice Plástico	MTC E 111	4 – 9 % máx.	N.P	Cumple

Fuente: Expediente Técnico.

El presente trabajo de investigación y en base al expediente técnico del proyecto se realizó para la cantera Rio Huallaga y Punta del Gallinazo, lo cual será producida y acopiada en obra, previa aprobación de las mismas. El material que será usado es la del Rio Huallaga y Punta del Gallinazo 100%.

Los materiales antes de su uso están siendo zarandeados por la malla 2" de diámetro y homogenizar el mezclado para tener una mejor gradación.

Tabla 27: Granulometría y Clasificación de material de Cantera

Propiedades de la Cantera	Material Granular: Cantera de Rio Huallaga y Punta de Gallinazo	Ligante: Cantera de Rio Huallaga y Punta de Gallinazo	Combinación: 60% de hormigón canto rodado tamaño máximo 2"+40% de ligante de arena limosa a arcillosa	Espec.	Und.
GRANULOMETRIA				Suelo Tipo I Gradación "B" (ASTM D 1241)	
% pasa malla 2"	100.00	100.00	100.00	100-100	%
% pasa malla 1"	94.84	97.99	88.43	75-95	%
% pasa malla 3/8"	64.63	91.11	67.72	40-75	%
% pasa malla N°04	51.55	82.26	55.03	30-60	%
% pasa malla N°10	36.27	70.73	39.90	20-45	%
% pasa malla N°40	14.44	50.69	27.54	15-30	%
% pasa malla N°200	3.71	25.20	11.29	5-15	%
Sistema Clasificación AASHTO	A1-a (1)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	-	-
Sistema de Clasificación SUCCS	GP	SM-SC	GP-GC	-	-

Fuente: Expediente Técnico

Tabla 28: Ensayos de Laboratorio de Canteras

ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	PROPÓSITO
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	T27	C136	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 líquidos y plástico
Índice plástico	Clasificación	T90	D4318	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico
Abrasión (los Ángeles)		T96	C131	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

Tabla 29: Propiedades Físicos – Mecánicas

Proctor modificado	2.109	Grs./cm ³
Optimo contenido de humedad	6.46	%
Abrasión	29.8	%
Limite liquido	19.31	%
Limite plástico	12.83	%
Indicé de plasticidad	6.48	%
% que pasa la malla n°200	6.8	%
Uso propuesto	Relleno estructural	
Tratamiento	Zarandeado	

Tabla 30: Resumen de las características Físicos – Mecánicas

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	60 % máx.	29.80%	Cumple
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	35% máx.	19.31%	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	9% máx.	6.48%	Cumple

Fuente: Expediente Técnico.

4.1.4.4. FUENTES DE AGUA

En lo que respecta a fuentes de agua, se procedió a su ubicación y a la toma de muestras representativas. Las mismas que fueron sometidas a ensayos de laboratorio, para las correspondientes determinaciones de calidad de los agregados.

Propiedades Químicas

Los ensayos químicos efectuados a las muestras obtenidas, se realizaron con la finalidad de determinar los contenidos de:

- Sólidos en Suspensión
- Cloruros expresados como ion Cl
- Sulfatos expresados como ion SO₄
- Materia Orgánica
- Potencial de Hidrogeno (pH)

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados, con las respectivas tolerancias especificadas.

Tabla 31: Característica del agua a usar

Descripción del agua	Norma empleada	Resultados	Especificaciones	Observación	Observación
Materia orgánica	NTP 339.088	7.95 ppm	10 ppm	Riesgo bajo	El agua tomada ha sido ensayada de acuerdo a normas establecidas. Concluyéndose de que la muestra de agua no contiene sustancias agresivas
Sales Solubles Totales	NTP 339.088	61.48 ppm	1500 ppm	Normal	
Sulfato de Magnesio	NTP 339.088	74.61 ppm	150 ppm	Normal	
Cloruros	NTP 339.088	102.40 ppm	300 ppm	Normal	
Sulfatos	NTP 339.088	105.51 ppm	300 ppm	Normal	
Sólidos en suspensión	NTP 339.088	150.04 ppm	1500 ppm	Normal	
PH	NTP 339.088	8.16	> 7	Normal	

Fuente: Expediente

4.1.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS

4.1.5.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD

El clima comprende básicamente en el análisis de las variables climatológicas como es la precipitación y la temperatura, tomando siempre la precipitación media, temperatura media y sus componentes: máxima y mínima, factores que pueden afectar el comportamiento del pavimento, su resistencia, durabilidad y capacidad de carga del sistema estructural; es en esta situación que se caracteriza toda la vía como homogéneo. La zona del estudio presenta un clima cálido con lluvias abundantes, registrándose temperaturas generalmente varía de 22°C a 35°C, rara vez baja a menos de 20°C o sube a más de 38°C.

4.1.5.2. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL Y ANÁLISIS DE TRÁFICO

4.1.5.2.1. 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.

4.1.5.3. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO

Estos conteos de volumen y clasificación vehicular se realizaron para cada sentido del tránsito, durante 14 horas al día.

4.1.5.4. 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 mayo del 2021**, se obtuvieron los resultados siguientes:

4.1.5.5. 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	94.24%
Vehículos Pesados	5.76%

Tabla 32: Conteo Vehicular

IMDS : INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL

IMDA : INDICE MEDIO DIARIO ANUAL:

$$IMDS = \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

donde

$$IMDA = IMDS \pm K * \sigma$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

K = 1.96 Para un nivel de confiabilidad al 95%

N = 365 Número de días del año

n = 7 Número de días de la semana

s = DESVIACIÓN ESTANDAR POBLACIONAL

S = DESVIACIÓN ESTANDAR MUESTRAL

PUNTO DE CONTROL (Jr.JAv.) :	CONTEO SEMANAL									S	s	IMDA	DISTRIB.
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL	IMDS				
VEHICULOS MENORES	409	409	409	409	409	409	409	2,863	409			409	74.27%
CATEGORIA " L "													
MOTO LINEAL MOTOKAR	409	409	409	409	409	409	409	2,863	409	0	0	409	74.27%
VEHIC. MAYORES	110	110	110	110	110	110	110	770	110			110	19.97%
CATEGORIA " M "													
AUTOMOVILES	32	32	32	32	32	32	32	224	32	0	0	32	5.81%
MINIBAND								0	0				
CAMIONETA PICK UP	78	78	78	78	78	78	78	546	78	0	0	78	14.16%
BUS (B2)								0	0				
BUS (B3-1)								0	0				
VEHICULOS PESADOS	36	32	29	13	20	25	23	178	25			32	5.76%
CATEGORIA " N "													
C=CAMION													
CAMION (C2)	28	28	23	9	14	19	19	140	20	7	3	25	4.57%
CAMION (C3)	8	4	6	4	6	6	4	38	5	2	1	7	1.19%
CATEGORIA " O "													
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE													
T2S3								0	0				
T3S2								0	0				
T3S3								0	0				
CR=CAMION + REMOLQUE													
C2R2								0	0				
C3R2								0	0				
C3R3								0	0				
TOTAL	555	551	548	532	539	544	542	3,811	544			551	100.00%

Fuente: Expediente Técnico

4.1.5.6. 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 10 años. La tasa de crecimiento promedio anual de la población que se considerará, será un valor del 4% 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:

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

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o en veh/día).

n = Años del periodo de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

FACTOR DE CRECIMIENTO

$$FC = 0.5[1+(1+r)^P]$$

r = Tasa de crecimiento anual en decimales

P = Periodo de diseño en años

Tabla 33: Factores de Crecimiento

La AASHTO recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el periodo de diseño

$$FC = \frac{1+(1+r)^P-1}{r}$$

tasa de crecimiento para vehículos de pasajeros = 2% 10.95
 tasa de crecimiento para vehículos de carga = 4% 12.01

Cuadro 2: Factor de Crecimiento

Periodo de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual, g en porcentaje									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.10
3	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.28	3.31	3.31
4	4.12	4.19	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.58	4.64	4.64
5	5.20	5.31	5.42	5.53	5.54	5.75	5.87	5.99	6.11	6.11
6	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.53	7.72	7.72
7	7.43	7.67	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.21	9.49	9.49
8	8.58	8.90	9.21	9.55	9.90	10.28	10.64	11.04	11.44	11.44
9	9.75	10.17	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.04	13.58	13.58
10	10.95	11.48	12.01	12.59	13.19	13.82	14.49	15.22	15.94	15.94
11	12.17	12.83	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	17.59	18.53	18.53
12	13.41	14.22	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	20.18	21.38	21.38
13	14.68	15.66	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	23.01	24.52	24.52
14	15.97	17.13	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	26.09	27.97	27.97
15	17.29	18.66	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	29.46	31.77	31.77
16	18.64	20.23	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	33.14	35.95	35.95
17	20.01	21.86	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	37.15	40.55	40.55
18	21.41	23.53	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	41.53	45.60	45.60
19	22.84	25.11	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	46.31	51.16	51.16
20	24.30	27.04	29.78	33.06	36.79	41.00	45.78	51.53	57.28	57.28
21	25.85	29.00	32.15	35.99	40.40	45.45	51.25	58.37	65.49	65.49
22	27.39	30.96	34.53	38.93	44.02	49.90	56.71	65.21	73.71	73.71
23	28.94	32.92	36.90	41.86	47.63	54.35	62.18	72.05	81.92	81.92
24	30.48	34.88	39.28	44.80	51.25	58.80	67.64	78.89	90.14	90.14
25	32.03	36.84	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	85.73	98.35	98.35
26	33.74	39.14	44.54	51.47	59.70	69.49	81.14	96.36	111.58	111.58
27	35.44	41.43	47.42	55.21	64.54	75.73	89.18	106.99	124.81	124.81
28	37.15	43.73	50.31	58.96	69.38	81.98	97.21	117.62	138.03	138.03
29	38.85	46.02	53.19	62.70	74.22	88.22	105.25	128.25	151.26	151.26
30	40.56	48.32	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	138.89	164.49	164.49
31	42.45	51.02	59.59	71.22	85.53	103.22	125.09	155.44	185.80	185.80
32	44.33	53.72	63.11	75.99	92.01	111.97	136.90	172.00	207.10	207.10
33	46.22	56.42	66.62	80.77	98.48	120.73	148.70	188.56	228.41	228.41
34	48.10	59.12	70.14	85.54	104.96	129.48	160.51	205.11	249.71	249.71
35	49.99	61.82	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	221.67	271.02	271.02

Fuente: Expediente Técnico

4.1.5.7. CÁLCULO DEL FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL (FD) Y DE CARRIL (FC):

4.1.5.7.1. DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos van en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Lo más importante de esto, será la diferencia de peso entre los vehículos que van en una y en otra dirección.

No. carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 ó más	40

4.1.5.7.2. DISTRIBUCIÓN POR CARRIL

En una pavimentación de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (Fc)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Número de carriles	=	2
Fc	=	0.9

Fuente: Expediente Técnico

4.1.5.8. 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 34: 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

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:

Tabla 35: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

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 36: 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 37: FACTOR CAMIÓN C2 Y C3 PARA PAVIMENTOS

Pavimento Flexible

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

Pavimento Rígido

CAMIÓN C2		
Ejes	E1	E2
Carga (tn)	7	10
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.273	2.256
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

4.1.5.9. 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 38: 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 presiones 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 50mm.

4.1.5.10. CÁLCULO DE EE DÍA-CARRIL

Para el cálculo se necesita los Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día para el carril de diseño. Al hacer un estudio comparativo de pavimento flexible y rígido. Se calculará 2 diferentes EE día-carril porque el Factor Vehículo Pesado cambia en el caso de diseñar un pavimento Rígido. En la Tabla N°13 se muestra este valor obtenido de multiplicar el IMDa por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, Factor Carril, Factor Vehículo Pesado y Factor de Ajuste Por Presión de Neumático obtenidos anteriormente.

Tabla 39: EE día-carril para Pavimento Flexible

VEHICULO	IMD	FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR VEHICULAR PESADO (Fvp)	FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp)	EE-día-carril
Automóvil	20	0.50	1.00	0.001	1.00	0.010
Camionetas	4	0.50	1.00	0.001	1.00	0.002
Micro	4	0.5	1.00	3.477	1.00	6.954
Camiones C2	3	0.50	1.00	3.477	1.00	5.216
Camiones C3	1	0.50	1.00	2.526	1.00	1.263
Total						13.445

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: EE día-carril para Pavimento Rígido

VEHICULO	IMD	FACTOR DIRECCIONAL (Fd)	FACTOR CARRIL (Fc)	FACTOR VEHICULAR PESADO (Fvp)	FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp)	EE-día-carril
Automóvil	20	0.50	1.00	0.001	1.00	0.010
Camionetas	4	0.50	1.00	0.001	1.00	0.002
Micro	4	0.50	1.00	3.529	1.00	7.058
Camiones C2	3	0.50	1.00	3.529	1.00	5.294
Camiones C3	1	0.50	1.00	3.406	1.00	1.703
Total						14.067

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.11. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN

Al final se obtuvo el número de repeticiones de eje equivalente de 8.2 tn, que representa el parámetro que deseamos saber para el diseño del pavimento flexible y rígido, se necesita el Factor de crecimiento acumulado obtenido anteriormente multiplicado por 365 días del año y por el EE día-carril.

Tabla 41: Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn para Pavimento Flexible

	Nº rep. EE de 8.2 TN	
Ambos Sentidos	162,239.47	EAL o W18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn para Pavimento Rígido

	Nº rep. EE de 8.2 TN	
Ambos Sentidos	169,745.08	EAL o W18

Fuente: Elaboración propia

4.2. 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 danos nos ayudara para el diseño de pavimento.

Tabla 43: Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el Carril de Diseño para Pavimento Flexible y Rígido.

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	$> 75,000$ EE $\leq 150,000$ EE
T_{P1}	$> 150,000$ EE $\leq 300,000$ EE
T_{P2}	$> 300,000$ EE $\leq 500,000$ 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.

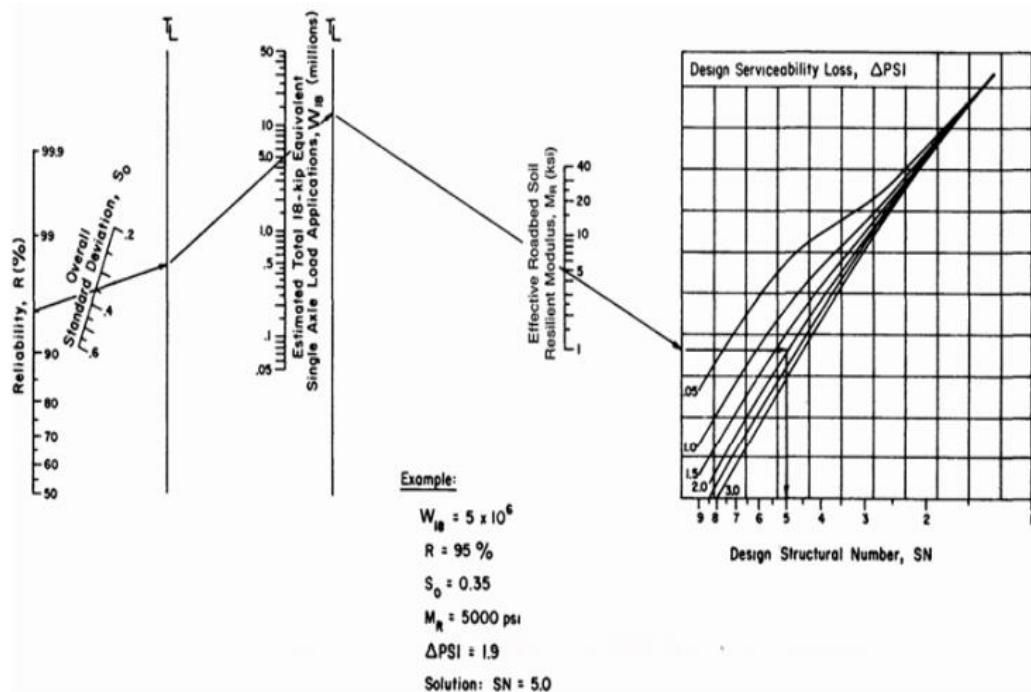
4.2.1. Diseño de pavimento flexible - método AASHTO 93

Una vez determinado el CBR y el Número de Repeticiones de E.E de 8.2 tn de la zona de estudio, siendo estos los parámetros más importantes, se procederá a realizar el diseño de pavimento por el Método AASHTO 93. Este método proporciona una expresión analítica que, dada su complejidad, se hace uso de nomogramas para efectos más prácticos.

$$W18=162,239.47 \quad CBR=6.91$$

Este método proporciona una expresión analítica que, dada su complejidad, se hace uso de nomogramas para efectos más prácticos.

Ilustración 18: Monograma para Pavimento Flexible



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

Pero cabe recalcar, para efectos de cálculo computarizados o programados la solución matemática es sumamente útil. Dicha formulación se presenta a continuación.

Ilustración 19: Ecuación de diseño de Pavimento Flexible

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

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

Ilustración 20: 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

- Número de Repeticiones de EE de 8.2 ton (W18) De acuerdo a nuestra zona de estudio, se determinó que para el pavimento flexible el: $W_{18} = 162,239.47$

- Módulo de Resiliencia (MR) El módulo de Resiliencia está en función a un CBR de 6.91% el cual se puede observar que pertenece a la categoría S2 (Sub rasante regular) cabe resaltar que se escogió el valor promedio de CBR.

$$Mr_{(psi)} = 2555 * CBR^{0.64}$$

Reemplazando se obtuvo:

$$Mr_{(psi)} = 2555 * 6.91^{0.64}$$

$$Mr_{(psi)} = 8803.53$$

Tabla 44: 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

4.2.2. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

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 $-0.524 = Z_r = -0.524$

Tabla 45: 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.

4.2.3. Desviación Estándar Combinada (So)

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

Determinación de la desviación estándar total So		So=	0.45
Tabla Valores de la desviación estándar normal, Zr, correspondientes a los niveles de confiabilidad, R			
Confiabilidad, R, en porcentaje	Desviación estándar normal, Zr		
50	0.000		
60	-0.253	So= debe estar entre los siguientes rangos 0.4 0.5 Pavimentos flexibles	
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		

4.2.4. Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)

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:

$$p_0 = \text{Índice de Servicio Inicial} = 3.80$$

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

$$\Delta\text{PSI} = 1.80$$

Índice de Serviciabilidad, p		Clasificación
0	1	Muy mala
1	2	Mala
2	3	Regular
3	4	Buena
4	5	Muy Buena

Tabla 46: Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) 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 47: Índice de Serviabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMIONS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE 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 48: Diferencial de Serviabilidad (ΔPSI) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMIONES	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
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
	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

Resto de Camiones	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.

4.2.5. Cálculo del Número Estructural (SN)

➤ De forma Analítica

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

$$\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}$$

Datos:

$$W_{18} = 162,239.47$$

$$R = 70\%$$

$$Z_r = -0.524$$

$$S_o = 0.45$$

$$M_r(\text{psi}) = 8,803.53$$

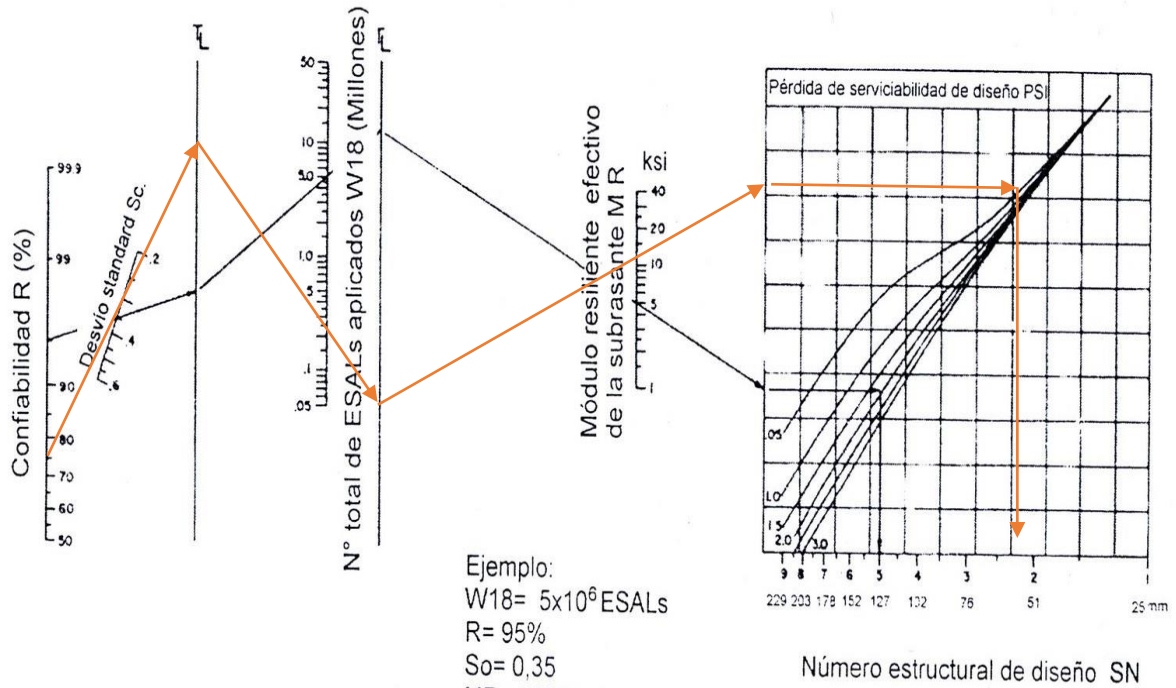
$$\Delta PSI = 1.80$$

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

$$SN = 2.12$$

➤ Con uso de Monograma

Ilustración 21: Monograma para Pavimento Flexible



Ejemplo:
 W18= 5×10^6 ESALs
 R= 95%
 S_o = 0,35
 MR= 5000 psi
 APSI= 1.9
 Solución: SN=5.0

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

Tabla 49: Catálogo de números estructurales (sn) requeridos por tipo de tráfico y de sub rasante, Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Subbase 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.

Coefficientes 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 50: 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.

4.2.6. Coeficiente de drenaje

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 51: Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje M_1

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Insuficiente	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	.80 – 0.60	0.60
Muy Insuficiente	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.

4.2.7. 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 52: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

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

Tabla 53: 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.



Carpeta Asfáltica en Caliente
(CAC)



Base Granular



Subbase 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; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años
 - b. Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuará al menos una medición cada cuatro años.
 - c. Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos Asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente

Para los espesores se planteó 3 Alternativas

Alternativa 1 2.17: h1=5cm, h2=15cm, h3=15

$$2.47 = 0.170*5+0.052*15*1+0.047*15*1$$

$$2.47 = 2.34$$

Alternativa 2 Carpeta Asfáltica en Caliente 12.8: h1=6cm, h2=25cm, h3=15

$$2.47 = 0.170*6+0.052*20*1+0.047*15*1$$

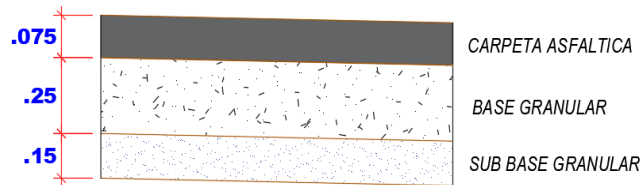
$$2.47 = 2.765$$

Alternativa 3 Carpeta Asfáltica en Caliente 12.8: h1=6cm, h2=28cm, h3=0

$$2.47 = 0.170*6+0.052*28*1+0.047*0*1$$

$$2.47 = 2.476$$

Ilustración 22: 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 subbase de 15 cm.

4.2.8. Diseño de Pavimento Rígido- método AASHTO 93

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 93 llegue al equilibrio.

Ilustración 23: Ecuación de Diseño de Pavimento Rígido

$$\log_{10}W_{10} = Z_R * S_o + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) * \log_{10} \left[\frac{s_c * c_d [D^{0.75} - 1.132]}{215.63 * J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

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

4.2.8.1. Módulo de Reacción del Terreno (Kc)

La determinación directa del valor de “k” mediante ensayos de placa es difícil y costosa, teniendo la desventaja de que normalmente se analiza el suelo en estado seco y sin considerar los efectos de la humedad.

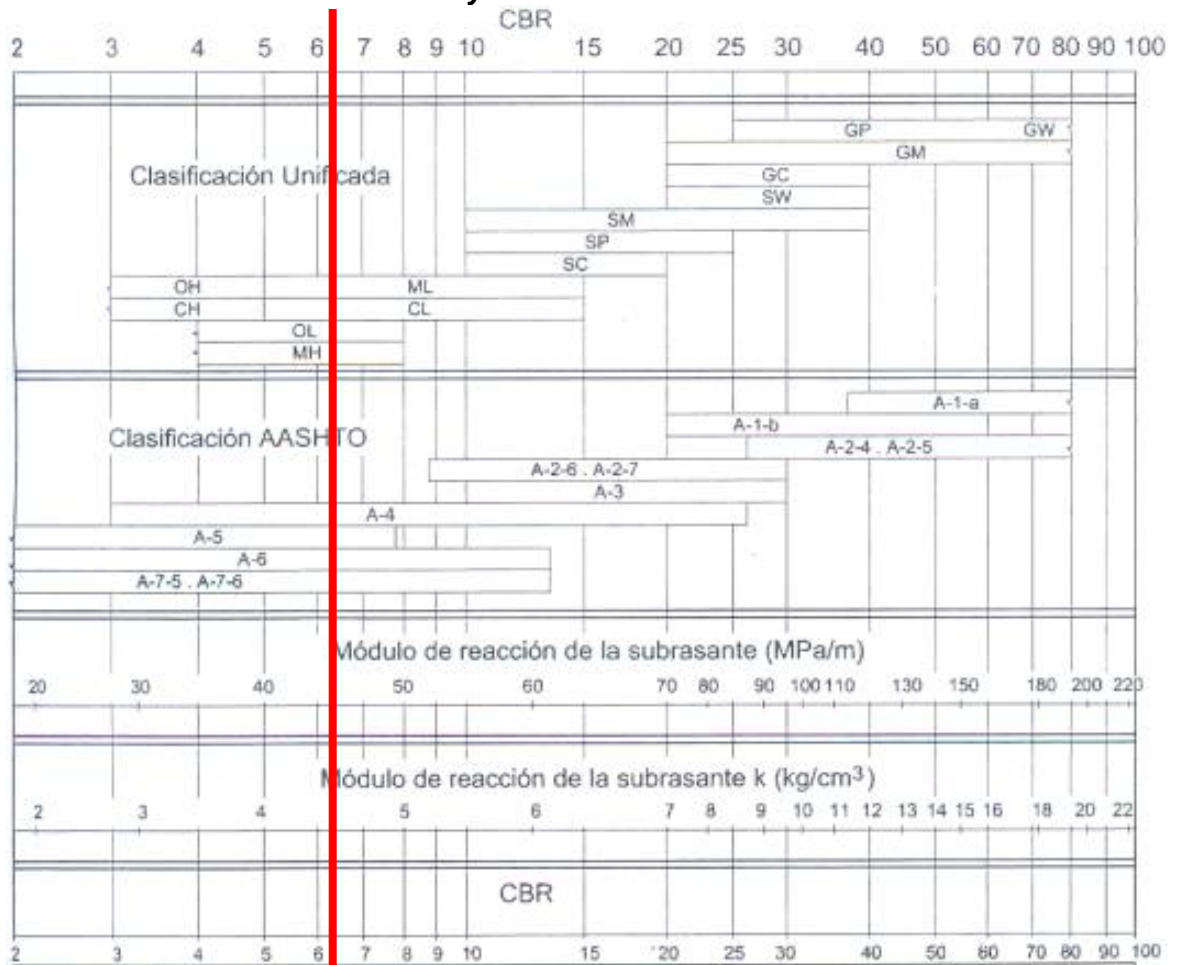
No obstante, se utilizará la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción Kc en función de la clasificación de suelos y el CBR.

Por lo tanto, el Kc según la correlación es de:

$$K_C(MPa/m) = 46.10$$

$$K_C(PSI) = 169.83$$

Tabla 32: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



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

4.2.8.2. Módulo Elástico del Concreto (Ec)

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

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

Tabla 54: Módulo de Elasticidad (Ec)

Ecuación = 57000 * (f'c)^0.5		
Resistencia a la compresión	Módulo de Elasticidad	
	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2 (psi)
f'c = 210 kg/cm2	2987	3115191
f'c = 280 kg/cm2	3983	3597113
f'c = 350 kg/cm2	4978	4021694

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

Para el desarrollo del siguiente cálculo se utilizó un f'c = 280 kg/cm2 siendo su:

$$Ec (psi) = 3'597,113$$

4.2.8.3. Módulo de Rotura del Concreto (S'c)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro a la ecuación AASHTO 93.

Para determinar la resistencia mínima a la compresión del concreto (f'c) se obtendrá de acuerdo al rango de Tráfico Pesado Expresado en EE.

Tabla 55: Valores Recomendados de Resistencia del Concreto

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (Mr)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'C)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

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

El módulo de rotura de concreto se correlaciona con el módulo de compresión del concreto mediante la siguiente expresión:

$$Mr = a\sqrt{f'c} \text{ (Valores en kg/cm}^2\text{), según el ACI 363}$$

Donde los valores de “a” varían entre 1.99 y 3.18

Tabla 56: Módulo de Rotura del C° (S'c)

Ecuación = 3.18 * (f'c)^0.5		
Resistencia a la compresión del C° (f'c)	Módulo de Rotura del C°	
	Kg/cm ²	Lbs/pulg ² (psi)
f'c = 210 kg/cm ²	46.1	655
f'c = 280 kg/cm ²	53.2	757
f'c = 350 kg/cm ²	59.5	846

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

El Módulo de Rotura del Concreto (S'c) para un f'c = 280 kg/cm² será:

$$S'c \text{ (psi)} = 757$$

4.2.8.4. Coeficiente de Transferencia de Carga (J)

Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras.

Tabla 57: Coeficiente de Transferencia de Carga (J)

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

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

El Coeficiente de Transferencia de Carga (J) será:

$$J = 3.8$$

4.2.8.5. Coeficiente de Drenaje (Cd)

En este caso se usa un coeficiente de drenaje Cd que puede variar entre
Tabla 58: Coeficientes de Drenaje de las Capas Granulares

Calidad de drenaje	% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Insuficiente	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy insuficiente	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

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

Para el presente proyecto se está considerando un coeficiente de drenaje de:

$$cd = 1.00$$

4.2.8.6. Perdida de Serviciabilidad (Δ PSI)

La Serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5.

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:

$$pi = \text{Índice de Servicio Inicial} = 4.10$$

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

$$\Delta PSI = 2.10$$

**Tabla 59: Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
Diferencial de Serviciabilidad Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMIONS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (PT)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

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

4.2.8.7. Confiabilidad (%R) y Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Al igual que en el diseño del Pavimento Flexible se está considerando una Confiabilidad del 85 %, por lo tanto, Zr= -0.524

$$R = 70\%$$

$$Zr = -0.524$$

4.2.8.8. Desviación Estándar Total (So)

La Guía AASTHO recomienda adoptar para los pavimentos rígidos, valores de So comprendidos entre 0.30 y 0.40.

En la etapa de diseño del pavimento rígido se recomienda el valor de:

$$So = 0.35$$

4.2.8.9. Número de Repeticiones de EE de 8.2 ton (W18)

De acuerdo a nuestra zona de estudio se determinó que para el pavimento rígido el:

$$W18 = 169,745.08$$

4.2.8.10. Cálculo del Espesor de la Losa de Diseño, D(plgs) De Forma Analítica

$$\log_{10}W_{10} = Z_R * S_o + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) * \log_{10} \left[\frac{s_c * c_d [D^{0.75} - 1.132]}{215.63 * J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Datos:

Rsi	515.75	So =	0.35	Zr=	-0.524	
Ec =	35971 169.83	R =	70%			
S'c =	755	Psi	Pt =			2.0
J =	3.80		ΔPSI =			2.1
Cd =	1.00		W80 =			169,745.08

Psi

Resolviendo la Ecuación:

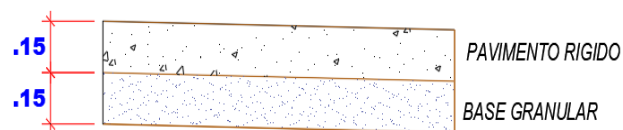
$$\begin{aligned} \text{Primer miembro} &= \text{Segundo miembro} \\ 5.23 &= -0.243 + 5.2069 + -0.0089 + 0.2769 \\ 5.23 &= 5.23 \end{aligned}$$

Por la iteración, el Espesor de la Losa es:

$$D = 4.11 \text{ plgs}$$

Para el diseño de pavimento se tomará el $D=4.11$ plg analítico porque es mucho más exacto dicho valor. El espesor para la losa de concreto será de 6". Y para la base (afirmado) 6" como mínimo así lo especifica AAHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Ilustración 24: Sección del Pavimento Rígido



Fuente: Elaboración Propia

4.3. RESUPUESTO

4.3.1. Presupuesto Pavimento Flexible

Tabla 60: Características de la vía con Pavimento Flexible

PAVIMENTO FLEXIBLE	
Longitud	Cantidad
Av. Leticia C1 - C15	1,383.24m
Total	1,383.24m
Ancho de Vía	Cantidad
Av. Leticia C1 - C15	6.00 m
Sección	

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto Pavimento Flexible

Presupuesto

Presupuesto **EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE SAUCE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

Subpresupuesto **001 PAVIMENTO FLEXIBLE**

Cliente **FASANANDO PINEDO, Harry - MEDINA MELENDEZ, Darlyng**

Costo al **28/05/2021**

Lugar **DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				222,773.81
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 1.70M x 4.00M	und	1.00	1,024.11	1,024.11
01.02	COLOCACION DE PUNTOS PROVISIONALES DE AGUA	und	12.00	125.00	1,500.00
01.03	REUBICACION DE POSTES	und	55.00	2,500.00	137,500.00
01.04	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	glb	1.00	7,892.48	7,892.48
01.05	ALMACEN DE OBRA DE 10Mx15M	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
01.06	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	m	3,500.00	12.02	42,070.00
01.07	SEÑALIZACION DE DESVIO DE TRANSITO EN PERIODO DE CONSTR.	mes	6.00	5,047.87	30,287.22
02	OBRAS PRELIMINARES				47,453.07
02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	6,235.62	3.52	21,949.38
02.02	TRAZO, NIVELACIO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	6,235.62	4.09	25,503.69
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				278,795.56
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	5,215.41	8.94	46,625.77
03.02	PERFILADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	6,235.62	4.50	28,060.29
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10,885.84	18.75	204,109.50
04	MATERIAL SELECCIONADO				262,407.18
04.01	SUB BASE GRANULA e=0.45 m	m3	2,858.30	47.32	135,254.76
04.02	BASE GRANULAR e=0.25 m	m3	2,143.50	59.32	127,152.42
05	PAVIMENTO FLEXIBLE				427,950.60
05.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	6,235.62	60.73	378,689.20
05.02	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	6,235.62	5.29	32,986.43
05.03	SELLO DE ARENA	m2	6,235.62	2.61	16,274.97
06	SEÑALIZACION				116,425.26
06.01	PINTADO EN FRANJA EN ASFALTO - SEÑALIZACION	m2	3,099.04	32.13	99,572.16
06.02	SEÑALIZACION PREVENTIVA DE LADO 0.60 X 0.60	und	66.00	255.35	16,853.10
	COSTO DIRECTO				1,355,805.47
	GASTOS GENERALES (10.00%)				135,580.55
	UTILIDAD (10.00%)				135,580.55
	SUB TOTAL				1,626,966.56
	IMPUESTO IGV (18.00%)				292,853.98
	PRESUPUESTO TOTAL				1,919,820.54

SON : UN MILLON NOVECIENTOS DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS VEINTE Y 54/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. PRESUPUESTO PAVIMENTO RÍGIDO

Tabla 61: Características de la vía con Pavimento Rígido

PAVIMENTO RIGIDO	
Longitud	Cantidad
Av. Leticia C1 - C15	1,383.24m
Total	1,383.24m
Ancho de Vía	Cantidad
Av. Leticia C1 - C15	6.00 m
Sección	

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto con Pavimento Rígido

Presupuesto

Presupuesto EVALUACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE SAUCE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Subpresupue 002 PAVIMENTO RIGIDO

Cliente FASANANDO PINEDO, Harry - MEDINA MELENDEZ, Darlyng

Costo al 28/05/2021

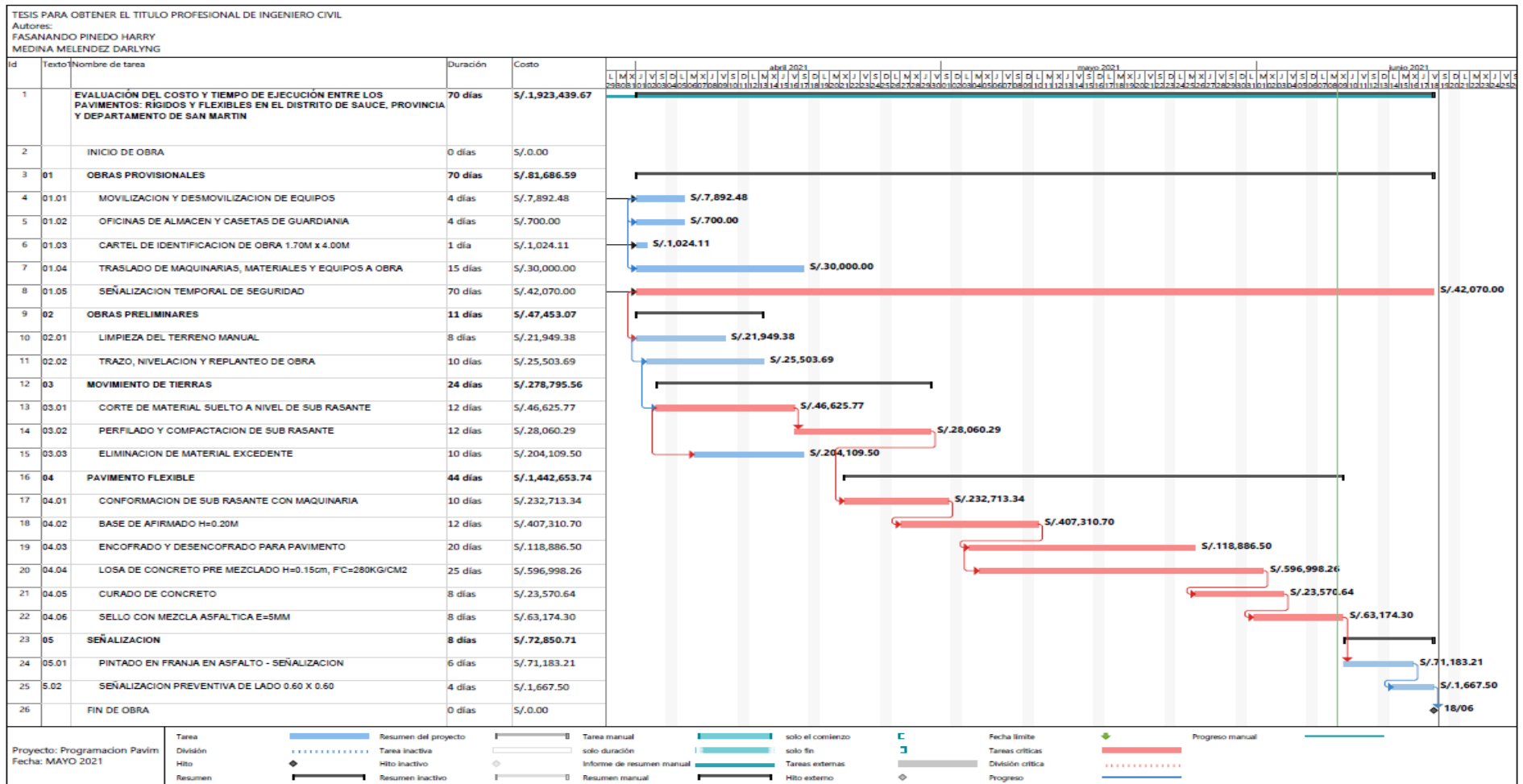
Lugar DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES				81,686.59
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	7,892.48	7,892.48
01.02	OFICINAS DE ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANIA	glb	1.00	700.00	700.00
01.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 1.70M x 4.00M	und	1.00	1,024.11	1,024.11
01.04	TRASLADO DE MAQUINARIAS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS	vje	2.00	15,000.00	30,000.00
01.05	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	m	3,500.00	12.02	42,070.00
02	OBRAS PRELIMINARES				47,453.07
02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	6,235.62	3.52	21,949.38
02.02	TRAZO, NIVELACIO Y REPLANTEO DE OBRA	m2	6,235.62	4.09	25,503.69
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				278,795.56
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	5,215.41	8.94	46,625.77
03.02	PERFILADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	6,235.62	4.50	28,060.29
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10,885.84	18.75	204,109.50
04	PAVIMENTO RIGIDO				1,442,653.74
04.01	CONFORMACION DE SUB RASANTE CON MAQUINARIA	m2	6,235.62	37.32	232,713.34
04.02	BASE DE AFIRMADO H=0.20 m	m2	6,235.62	65.32	407,310.70
04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PAVIMENTO	m2	2,529.50	47.00	118,886.50
04.04	LOSA DE CONCRETO PRE MEZCLADO H=0.15cm, F'C=280kg/cm2	m2	6,235.62	95.74	596,998.26
04.05	CURADO DE CONCRETO	m2	6,235.62	3.78	23,570.64
04.06	SELLO CON MEZCLA ASFALTICA E=5 mm.	m	6,735.00	9.38	63,174.30
05	SEÑALIZACION				72,850.71
05.01	PINTADO EN FRANJA EN PAVIMENTO - SEÑALIZACION	m2	2,988.38	23.82	71,183.21
05.02	SEÑALIZACION PREVENTIVA DE LADO 0.60 X 0.60	und	50.00	33.35	1,667.50
	COSTO DIRECTO				1,923,439.66
	GASTOS GENERALES (10.00%)				192,343.97
	UTILIDAD (10.00%)				192,343.97
	SUB TOTAL				2,308,127.60
	IMPUESTO IGV (18.00%)				415,462.97
	PRESUPUESTO TOTAL				2,723,590.56

SON : DOS MILLONES SETECIENTOS VEINTITRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y 56/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN: Pavimento Rígido.



Fuente: Elaboración propia

4.4. RESULTADOS OBTENIDOS

- El conteo de vehículos se tomó en 7 días calendarios, desde el día lunes 17 hasta el día domingo 23 de mayo 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 62: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.

Av. Leticia	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Nº rep. de EE 8.2 tn	162,239.47	169,745.08

Fuente: Elaboración propia

- Con respecto al estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación, se realizó 11 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 63: Resumen Características del Sub – rasante

Calicatas	Profundidad alcanzada	UBICACION
(Nomenclatura C)	(m)	AVENIDA
C-01	1,50	AV. Leticia C -01
C-02	1,50	AV. Leticia C -02
C-03	1,50	AV. Leticia C -03
C-04	1,50	AV. Leticia C -04
C-05	1,50	AV. Leticia C -06
C-06	1,50	AV. Leticia C - 07
C-07	1,50	AV. Leticia C -09
C-08	1,50	AV. Leticia C - 10
C-09	1,50	AV. Leticia C - 11
C-10	1,50	AV. Leticia C - 13
C-11	1,50	AV. Leticia C - 15

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los resultados obtenidos de CBR de la sub rasante se encuentran entre 3.85%, 4.55%, 4.8% y 14.60% estos resultados en promedio reflejan una sub rasante de clasificación POBRE o de BAJA CALIDAD como terreno de fundación, teniendo en cuenta estos resultados se debe considerar para el diseño un mejoramiento del terreno.

- 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 rígidos, siendo estos los siguientes:

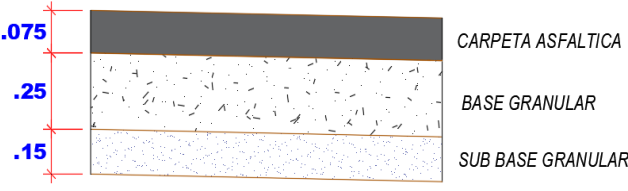
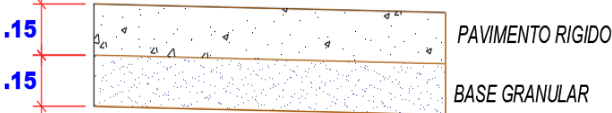
Tabla 64: Cuadro Comparativo entre Pavimentos

Parámetros	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
EAL	162,239.47	169,745.08
Periodo de Diseño	20 años	20 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 65: Secciones Transversales de los tres Tipos de Pavimentos

Tipo	Espesores
Pavimento flexible	
Pavimento Rígido	

Fuente: Elaboración Propia

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

Pavimento Flexible : **S/. 1'963,968.73**

Pavimento Rígido : **S/. 2'723,590.56**

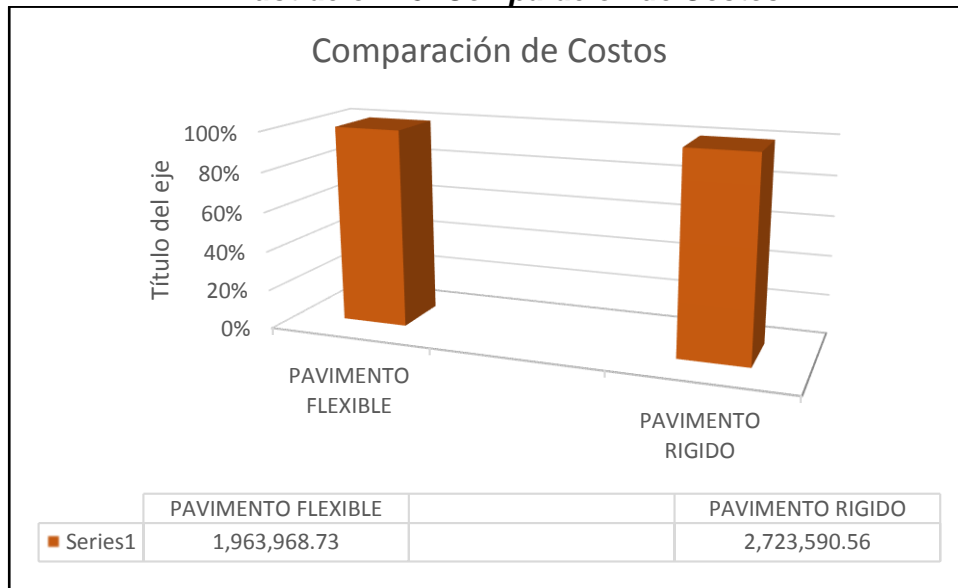
CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO

Tabla 66: Cuadro Comparativo Técnico – Económico

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
PRESUPUESTO TOTAL	S/.	1'963,968.73	2'723,590.56
COSTO DIRECTO POR M2	S/.	222.43	308.46
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/.	314.96	436.78
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	60	70
DURABILIDAD	AÑOS	15-20	20-40

Fuente: Elaboración Propia

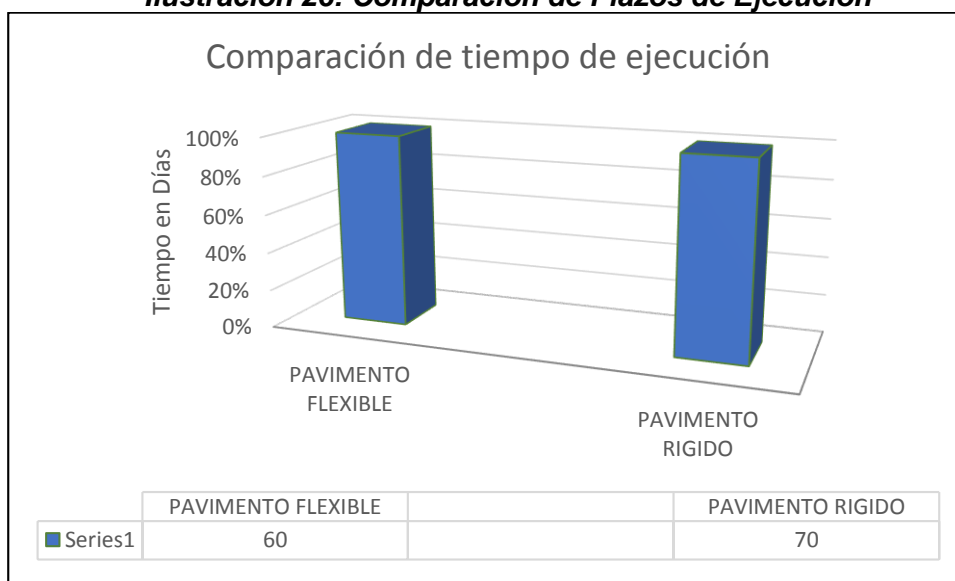
Ilustración 25: Comparación de Costos



Fuente: Elaboración Propia

- En el gráfico se puede apreciar que el pavimento rígido es el que tiene un mayor costo con S/ 2'723,590.56 y seguido del pavimento flexible con S/ 1'963,968.73.

Ilustración 26: Comparación de Plazos de Ejecución



Fuente: Elaboración Propia

- En el gráfico se aprecia que el pavimento rígido tiene un mayor plazo de ejecución con 70 días y el Pavimento Flexible con 60 días.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Haciendo el análisis comparativo costo-tiempo de ejecución, concluimos que el diseño óptimo para el Mejoramiento del Servicio de Movilidad Urbana en la Av. Leticia desde la C1 hasta la C15 del distrito de Sauce, provincia y departamento de San Martín, es el Pavimento Flexible, al tener un costo menor del 27.89% respecto del pavimento rígido, en función al tiempo de ejecución el pavimento flexible se ejecuta 14.29% más rápido que el pavimento rígido ya que el pavimento flexible se ejecuta en 60 días calendarios y el pavimento rígido se ejecuta en 70 días calendarios.
- Al realizar el presupuesto de los pavimentos rígidos y pavimentos flexibles se concluyó que los costos por metro cuadro son:

Tabla 67: Cuadro Comparativo Financiero

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
COSTO DIRECTO POR M2	S/	222.43	308.46
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/	314.96	436.78

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 68: Cuadro Comparativo Tiempo de Ejecución

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	60	70

Fuente: Elaboración propia

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Rígido 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 Rígido, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93 se tiene las siguientes estructuras:

Tabla 69: Cuadro Resumen de Espesores de los dos tipos de pavimentos

Tipo	Espesores
Pavimento flexible	
Pavimento Rígido	

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 70: Cuadro Comparativo Técnico-Financiero

INDICADOR	UND.	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
PRESUPUESTO TOTAL	S/.	1'963,968.73	2'723,590.56
COSTO DIRECTO POR M2	S/.	222.43	308.46
COSTO POR M2 (GG + Utilidades + IGV)	S/.	314.96	436.78
PLAZO DE EJECUCIÓN	DIAS	60	70
DURABILIDAD	AÑOS	15-20	20-40

Fuente: Elaboración propia

- Puede verse, en el análisis realizado, que el costo del pavimento rígido es más alto que el 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.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los pavimentos en estudio tienen diferentes características considerables 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.

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.

Burgos, B. (2014). “Análisis Comparativo Entre Un Pavimento Rígido y un Pavimento Flexible para la Ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, en la Comuna de Valdivia”. Universidad Austral de Chile, Valdivia – Chile.

CHAVEZ, Alexander. Análisis comparativo entre el pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Mullaca a Chavín. Huaraz: Universidad César Vallejo, 2018. 186pp.

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).

Hurtado, R. (2016). “Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco”. (Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción). Instituto Tecnológico De Costa Rica Escuela De Ingeniería En Construcción

“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

ANEXOS

EXPEDIENTE TECNICO



"MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA DE LA AV. LETICIA CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 15, EN LA LOCALIDAD DE SAUCE - DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA DE SAN MARTIN - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN"

Localidad : SAUCE

Distrito : SAUCE

Provincia : SAN MARTIN

Región : SAN MARTIN

INTRODUCCION

El Centro Poblado de Sauce, se ubica en el Distrito de Sauce, en la Provincia de San Martín, cuya capital es la ciudad de Tarapoto, como parte también de la Región San Martín.

El Distrito de Sauce se encuentra al sureste de la ciudad de Tarapoto, a 53 km de distancia. Es un bello lugar turístico, por la existencia de dos lagunas: la Laguna Azul y el Lago Lindo. La laguna Azul es un cuerpo de agua de 7.00 km² de superficie, con una profundidad de 40 mts. Y presenta un color azulado, reflejo del cielo azul del área.

El Centro poblado de Sauce, es el lugar donde se propone un particular ordenamiento a partir de la definición de un Par Vial con las dos calles longitudinales principales existentes, que por su longitud y dimensión asumirán un rol jerárquico a nivel del sistema de calles de este centro poblado, sobre todo en lo que respecta a la circulación vehicular, que mediante el tratamiento formal de ésta vía y el uso de materiales apropiados, se ha puesto énfasis para generar condiciones favorables y seguras para el traslado de los peatones, ciclista y vehículos automotores; facilitando principalmente a la población y ciclistas la circulación ordenada y la identificación de todos los elementos que conforman la vía, así como el uso social del espacio público y la infracción de personas en el espacio vial público, con dicha propuesta, se generará una mejora sustancial en el respectivo tratamiento paisajista.

También se ha considerado el tratamiento ambiental con arborización y tratamiento paisajista de las dos vías, a lo largo de todo los dos Ejes Viales; sin embargo, en esta etapa solo se ha desarrollado el Eje Vial – Calle Leticia. En este Eje Vial se ha propuesto la ubicación de mobiliario urbano, áreas para el uso social del espacio público por peatones y ciclovías para la circulación de ciclistas, en la medida que se pudo colocar ciclovía bidireccional, de sólo 2.00 m de sección en todo el Eje Vial, por la reducida sección vial de las calles existentes no se pudo dar mayor dimensión. Por otro lado, en las esquinas de las manzanas se ha desarrollado detalles en la configuración para la señalización podo táctil en el arribo a las áreas de acumulación de peatones, para el cruce peatonal de las calzadas de las vías.

Las condiciones climáticas del lugar, definen un especial cuidado en el Drenaje pluvial urbano, la propuesta en este sentido es de gran importancia para el desarrollo normal de la vida cotidiana de la gente que habita un lugar determinado en una localidad, y su

finalidad es evitar al máximo los daños a personas y propiedades que las lluvias puedan ocasionar. Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria.

Para poder cumplir con su finalidad, es que se debe implementar un sistema de drenaje que permita que las aguas pluviales o provenientes de la lluvia, puedan discurrir por las calles, hasta llegar a un cauce natural. Para que esto pueda darse, es necesario realizar un buen estudio de la cantidad de agua que puede escurrir en una zona determinada, para que así se pueda hacer un buen diseño de la capacidad hidráulica de las calles, de modo que satisfagan las condiciones antes expuestas.

La infraestructura vial constituye, la columna vertebral para el desarrollo y el crecimiento económico y social de una región y la localidad de Sauce no es la excepción. En este sentido, es necesario generar propuestas de solución para el mejoramiento de la infraestructura vial de la Localidad de Sauce.

De esta forma, cuando se contemple el mejoramiento de la infraestructura, se necesita disponer de los recursos, por mínimo que estos sean; poniendo mayor énfasis en los aspectos técnicos. Las acciones de orden técnico serán fundamentales para darle a la vía en proyecto los requerimientos de diseño para que funcione de manera óptima. Ante esta situación, es necesario llevar a cabo una serie de estudios de ingeniería y con ello realizar un diseño funcional y estructural.

La Municipalidad Distrital de Sauce, viene priorizando proyectos enmarcados dentro del Plan Estratégico de Desarrollo, en esta oportunidad presenta el proyecto de Inversión a nivel de expediente técnico: "MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA DE LA AV. LETICIA CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 15, EN LA LOCALIDAD DE SAUCE - DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA DE SAN MARTIN - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN".

El presente proyecto a nivel de expediente técnico, se orienta a solucionar la problemática de inadecuadas condiciones para el tránsito peatonal y vehicular de la Localidad de Sauce del Distrito de Sauce, Provincia de San Martín, hecho que contribuirá la calidad del servicio vehicular y peatonal. Así mismo Proteger y salvaguardar la integridad de los pobladores ante posibles desastres por efecto de precipitaciones pluviales constantes en el ámbito de nuestra región.

1.0 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. ANTECEDENTES

La carencia de vías internas sin una superficie de rodadura definida, sin peraltes ni bombeos, respectivos, sin sistemas de drenaje lineal ni estructuras transversales de cruce, origina que los tiempos de traslado para los pobladores incrementen, así como también el riesgo de ocurrencia de accidentes en tiempos de invierno. A continuación, se presentan imágenes donde se observa el mal estado de las vías urbanas de la Localidad de Sauce específicamente el Av. Leticia que es la vía de entrada a la Localidad de Sauce.

Por todas las razones mencionadas anteriormente la Municipalidad Distrital de Sauce ha considerado necesario, incorporar dentro del presupuesto participativo correspondiente al año fiscal 2018, PIA, Plan concertado y demás órganos de gestión municipal, la elaboración de los estudios de inversión para el mejoramiento de la infraestructura vial de la vía principal de la Localidad de Sauce.

- El proyecto “MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA DE LA AV. LETICIA CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 15, EN LA LOCALIDAD DE SAUCE - DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA DE SAN MARTIN - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”, inscrito con Código Único de Inversiones 2384972, ha sido declarado Viable por la Unidad Formuladora (UF) de la Municipalidad Distrital de Sauce con fecha 20/04/2018.

1.2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.2.1. NOMBRE

“MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA DE LA AV. LETICIA CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 15, EN LA LOCALIDAD DE SAUCE - DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA DE SAN MARTIN - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”

1.2.2. CODIGO UNICO DE INVERSIONES

El Código Único de Inversiones del Proyecto es el **2384972**

1.2.3. UNIDAD EJECUTORA

Unidad Ejecutora	:	Municipalidad Distrital de Sauce
Sector	:	Gobiernos Locales.
Función	:	15 Transporte.
Programa	:	036 Transporte Urbano
Sub Programa	:	074 Vías Urbanas.
Sector Responsable	:	Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Pliego Presupuestal	:	Municipalidad Distrital de Sauce
Responsable de Unidad	:	Prof. Jorge Luis Delgado Segura
Cargo	:	Alcalde Distrital de Sauce
Dirección	:	Pza. de Armas Nro. S/N San Martín-Sauce

1.2.4. LOCALIZACION

El presente proyecto está ubicado en el Departamento de San Martín, en la zona Sur Oeste de la Provincia San Martín, y del distrito Sauce, específicamente en la Localidad de Sauce; el cual se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas UTM siguientes: (N 9260318, E 365480).

Localización Política

Localidad : Sauce (**Coordenadas UTM: N9260318, E 365480**)
Distrito : Sauce (**Ubigeo 210619**)
Provincia : San Martín
Región : San Martín
País : Perú

Limites Políticos del Distrito

Por el Norte : Distrito de Shapaja
Por el Sur : Provincia de Picota
Por el Este : Distritos de Chazuta
Por el Oeste : Distrito de Cabo Alberto Leveau

A continuación, se muestran los siguientes mapas de ubicación del proyecto.

- Mapa del Perú
- Mapa del Departamento de San Martín
- Mapa de la Provincia de San Martín
- Mapa del Distrito de Sauce
- Imagen Satelital GOOGLE EARTH del Área del Proyecto.

Mapa del Perú Y Departamental de San Martín



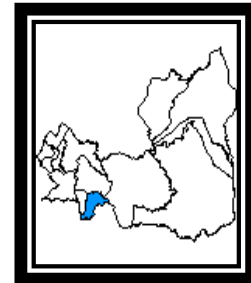
Fuente: INEI

Mapa de la Provincia de San Martín



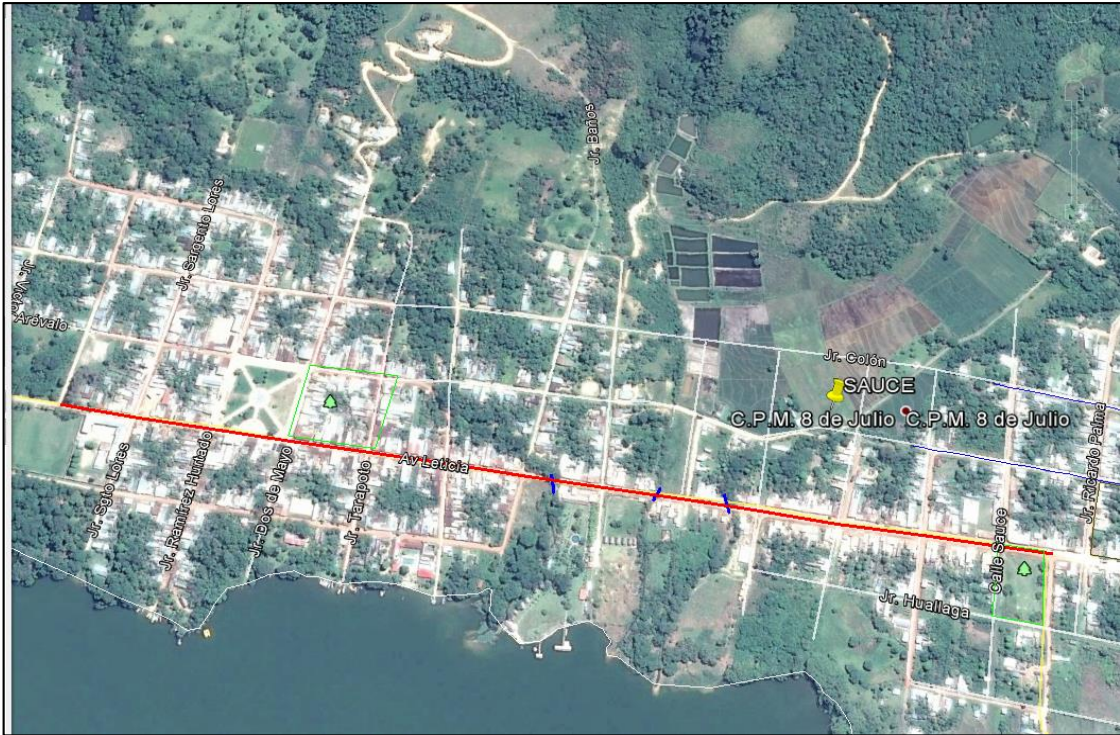
Fuente: INEI

Mapa del Distrito de Saucé



Fuente: INEI

Imagen N° 04: Imagen Satelital del Área del Proyecto



Fuente: Google Earth – 2019

1.2.5. VIAS DE ACCESO

El acceso a la zona de ejecución de la obra es por vía terrestre siguiendo la carretera Fernando Belaunde Terry sur, hasta el cruce del río Huallaga siguiendo luego por una carretera afirmada hasta llegar a la Localidad de Sauce.

El acceso a la localidad de Sauce se realiza partiendo de la ciudad de Tarapoto a través de El acceso a la zona de ejecución de la obra es por vía terrestre siguiendo la carretera Fernando Belaunde Terry sur, hasta el cruce del río Huallaga siguiendo luego por una carretera afirmada hasta llegar al distrito de Sauce lugar donde se desarrollará el proyecto, por donde se ha considerado transportar los materiales requeridos para la obra.

Medios de acceso

Tipo	Medio	Distancia en k.m. desde	Tiempo
Terrestre	Taxi	35 Km. desde Tarapoto hasta Puerto López	45 min.
Fluvial	Balsa	200 mts. Cruce río Huallaga	15 min.
Terrestre	Taxi	17.5 Km. Puerto López a Sauce	1Hora

1.2.6. CLIMA

En la zona predomina el clima Bosque semi húmedo Tropical (bsh-T) propio de la Selva cálido - húmedo, notándose épocas de frecuentes y fuertes precipitaciones de diciembre a abril y de menores precipitaciones de Julio a noviembre.

1.2.7. TOPOGRAFIA

La topografía del área de influencia del proyecto, está conformada por pendientes suaves, semiplano de la vía Av. Leticia cuadras 01 – 15.

1.2.8. GEOLOGIA

El suelo de la zona en estudio está conformado por el primer estrato o capa encontramos suelos finos de alta plasticidad de color marrón y amarillento de consistencia suave.

1.2.9. HIDROGRAFIA

La red hidrográfica que discurre en la zona del proyecto, forma parte de las cuencas hidrográficas de la Laguna Azul y del Río Huallaga.

1.2.10. POBLACION Y VIVIENDA

Población

a. Procedencia de la Población

La población involucrada en el presente proyecto está conformada en su mayoría por agricultores oriundos de Sauce y en minoría por agricultores provenientes de la Región Cajamarca

b. Densidad Poblacional

Para la estimación de la densidad poblacional de la localidad de Sauce, se tomó como referencia el catastro realizado dentro del Av. Leticia a intervenir, el cual se realizó de manera coordinada con las autoridades respectivas, a continuación, se mostrarán los resultados del Censo población realizado en el área de influencia del proyecto:

Cuadro N° 01: Población Beneficiarios Directos del Proyecto

ITEM	LOCALIDAD	POBLACION	VIVIENDAS
01	JR. LETICIA	1517	370
POBLACION INVOLUCRADA AL 2018		1517	370

Fuente: CONSULTOR

Densidad poblacional promedio = 4 Hab / viv

c. Población de Referencia

Para su cuantificación se realizó un conteo de viviendas en toda la localidad, este resultado fue multiplicado por la densidad poblacional obtenida de la población directamente beneficiada.

Viviendas de ventanea	= 370 Hab / viv
Densidad poblacional promedio	= 4 Hab / viv
Población involucrada al 2018	= 370 viv x 4 Hab / viv = 1480 hab.

d. Población demandante Potencial

La población que necesita trasladarse por esta vía en estudio son los beneficiados directamente del proyecto, es decir las viviendas aledañas a la calle.

e. Población demandante efectiva

La población que busca trasladarse por esta vía en estudio son todos los pobladores de la localidad de Sauce, que en algún momento del día usan para trasladarse hacia los diferentes puntos de la localidad.

Vivienda

Las viviendas de los involucrados son casi en su totalidad, de material noble.

- a. **Vivienda de Concreto:** Estructuras de materia noble, conformadas por muros de albañilería, estas viviendas existen de uno y dos niveles siendo predominante de cobertura liviana.
- b. **Vivienda de Barro:** Estructuras de rusticas, conformadas por muros de barro, de dos niveles con techo de madera y cobertura liviana de calamina o paja seca.

Viviendas de Concreto y Barro



1.2.11. ECONOMIA

La principal actividad económica dentro de Sauce es el Turismo por la afluencia de los turistas nacionales e internacionales que visitan la Laguna Azul y la Agricultura, siendo los cultivos más rentables, cacao y café, otros grupos se dedican a la práctica del comercio a través de

bodegas, farmacias, y tiendas de abarrotes o productos de primera necesidad, un grupo mínimo de pobladores se dedica a la ganadería y venta de aves o animales de corral (Ganado Vacuno, Gallinas, Patos y Pavos).

1.2.12. EDUCACION

El nivel de educación en la Localidad de Sauce cuenta con Infraestructura Educativa adecuada, en la actualidad existe tres Instituciones Educativas que oferta los servicios de educación, inicial, primaria y secundaria.

1.2.13. SALUD

La localidad de Sauce cuenta con un Centro de Salud.

1.2.14. SERVICIO DE AGUA POTABLE

En la actualidad la localidad de Sauce cuenta con un Nuevo Sistema de Agua Potable recientemente inaugurado.

1.2.15. SERVICIO DE SANEAMIENTO

En la actualidad la Localidad de Sauce cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario, conformado por conexiones domiciliarias y redes de recolección interconectadas mediante buzones de concreto armado.

1.2.16. SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La localidad de Sauce cuenta en la actualidad con el servicio de energía eléctrica las 24 horas del día, este servicio es administrado por ELECTRORIENTE SAC, empresa prestadora de servicios en el oriente peruano.

1.3. SITUACION ACTUAL

1.3.1. SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO

En la actualidad todas las calles de La Localidad de Sauce carecen de superficies de rodadura definidas y apropiadas, estas únicamente se encuentra a nivel de terreno natural, cuentan con sistemas de drenaje pluvial parcial que protejan las viviendas en su gran mayoría, y carecen de corredores peatonales definidos, Situación que sumado a las precipitaciones pluviales fuertes propias de la Selva han generado que las calles se encuentren deterioradas con presencia de baches, hundimientos, fisuras, cárcavas en las esquinas, vegetación en las zonas aledañas a las viviendas sin corredores peatonales, empozamientos de agua en los puntos bajos, en resumen dan como resultado inadecuadas condiciones para el tránsito vehicular y peatonal dentro de la localidad.

A. TRAZO Y GEOMETRIA VIAL

➤ Desarrollo Longitudinal

La longitud total de las calles a intervenir en el presente proyecto asciende a 1,556.59 metros lineales, conformado por **15 cuadras** entre los que tenemos; Av. Leticia C-1 a la C-15, los cuales presentan pendientes mínimas del orden de 0.22% y pendientes máximas de hasta 3.25%.

➤ **Peraltes y Bombeos**

Debido a que la superficie de rodadura es el terreno natural, no existe pendiente transversal definida en las calles, lo que origina la formación de grietas, cárcavas que posteriormente generan empozamientos de agua, charcos y hundimientos, que hacen intransitable estas vías.

B. SECCION TRANSVERSAL

➤ **Calzada**

Las calles principales en estudio, cuentan con su calzada conformada por una superficie de rodadura natural, sin ningún tipo de mejoramiento, además estas presentan un ancho efectivo no definido, y variable en todo su desarrollo, teniendo un ancho mínimos de hasta 12.00 m y máximos de 19.44 m, esto a consecuencia que existe un alineamiento municipal totalmente irregular e indefinido, que forman vértices asimétricos en todo el desarrollo de las vías; cabe mencionar que este ancho efectivo en algunos casos incluye el espacio para el desarrollo de los corredores peatonales (Veredas, rampas).

➤ **Áreas verdes**

Las calles consideradas en el estudio no presentan áreas de jardinería, sin embargo, existen áreas libres con malezas, conformadas por espacios que se generan debido a la asimetría e irregularidad del alineamiento municipal de las viviendas existentes.

➤ **Aceras o Veredas**

No existen corredores peatonales definidos en las calles consideradas en el proyecto, sin embargo algunas viviendas han construido de manera aisladas e individual, veredas de concreto simple sin ningún tipo de alineamiento, las cuales son usadas por los pobladores con frecuencia en tiempos de lluvias.

C. SEÑALIZACION VIAL

En la actualidad las calles consideradas en el presente PIP, no cuentan con ningún tipo de señalización vial.

D. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

➤ **Drenaje Lineal**

Las calles involucradas, en la actualidad no cuentan con ningún sistema de drenaje pluvial, sin embargo, existen algunas viviendas y establecimientos públicos que de

manera independiente han construido sus cunetas de concreto en un intento de solución al problema existente.

➤ **Drenaje Transversal**

En las calles en estudio, como no cuentan con sistema de drenaje pluvial, no existen estructuras de cruce transversal para cunetas, situación que torna más crítica el estado de conservación de la plataforma de las calles, ya que el agua en su recorrido forma cárcavas y grietas en las esquinas, e intersecciones de vía.

1.4. CONSIDERACIONES TECNICAS DEL PROYECTO

1.4.1. POBLACION

a. Densidad Poblacional

Para la estimación de la densidad poblacional de la localidad de Sauce (Av. Leticia), se tomó como referencia el catastro realizado dentro del Av. Leticia a intervenir, el cual se realizó de manera coordinada con las autoridades respectivas, a continuación, se mostrarán los resultados del Censo población realizado en el área de influencia del proyecto:

Población Beneficiarios Directos del Proyecto.

ITEM	LOCALIDAD	POBLACION	VIVIENDAS
01	AV. LETICIA	1517	370
POBLACION INVOLUCRADA AL 2018		1517	370

Fuente: CONSULTOR

Densidad poblacional promedio = 4 Hab / viv

b. Población de referencia

Para su cuantificación se realizó un conteo de viviendas en toda la localidad, este resultado fue multiplicado por la densidad poblacional obtenida de la población directamente beneficiada.

Viviendas de ventanea	= 370 Hab / viv
Densidad poblacional promedio	= 4 Hab / viv

Población involucrada al 2018

= 370 viv x 4 Hab / viv = **1480 hab.**

c. Población demandante potencial

La población que necesita trasladarse por estas vías en estudio son los beneficiados directamente del proyecto, es decir las viviendas aledañas a las calles.

d. Población demandante efectiva

La población que busca trasladarse por estas vías en estudio son todos los pobladores de la localidad de Sauce, que en algún momento del día usan para trasladarse hacia los diferentes puntos de la localidad.

1.4.2. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Para el diseño del proyecto, se han considerado las siguientes características técnicas mínimas, según lo establecido en el Reglamento Nacional de Carreteras DG-2000.

Características Técnicas de Diseño

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	IMD	>50Veh/día
2	Superficie de Rodadura	Pavimento Rígido Espesor = 0.20m
3	Mejoramiento de Terreno a Nivel de Sub Rasante mínimo	Espesor = 0.20m
4	Sub Base Granular	Espesor = 0.20m
5	Base Granular	Espesor = 0.20m
6	Velocidad Directriz	30km/h
7	Ancho de Calzada	5.40 a 6.60m
8	Ancho de Vereda	1.20m a 5m
9	Pendiente Máxima	0.22%-3.72%
10	Bombeo	2%
11	Cunetas Tipo 1	0.50mx0.60m
12	Cunetas Tipo 2	0.50mx0.73m
13	Cunetas Tipo 3	0.90mx0.83m
14	Cunetas Tipo 4	1.00mx0.83m
15	Cunetas Tipo 5	1.10mx0.83m
16	Cunetas Tipo 6	1.20mx0.83m
17	Cunetas Tipo 7	1.25mx0.83m

a) Tránsito

El tipo y volumen de tránsito fijan el ancho del pavimento mientras que el peso y la frecuencia de las cargas de los ejes o de las ruedas de los vehículos determinan el espesor y otras características del diseño estructural.

Como referencia se menciona que, ante continuas aplicaciones de carga, el pavimento soportará un número ilimitado de esfuerzos que no excedan del 50% del módulo de rotura (con coeficiente de seguridad igual o mayor a 2) sin que ocurran fallas de fatiga en el pavimento, quedando limitados.

Por lo tanto, podemos recomendar, que es muy importante en el diseño del pavimento fijar la carga más frecuente y determinar el consumo de capacidad que producen otras cargas.

Del trabajo de campo realizado, se determina la existencia de un tipo de tráfico, en este caso tráfico mediano, que comprendería la movilización de vehículos livianos de hasta dos ejes con carga constante de 15 TM, por eje. Que se repetiría durante la vida útil del pavimento.

b) Obras de Arte y Drenaje

Se considera necesario el diseño de un sistema adecuado de drenaje que permita eliminar las aguas pluviales, teniendo en cuenta que en la zona alcanzan una precipitación anual máxima en 24 horas aproximada de 80.07 mm, por lo tanto, debe construirse cunetas laterales a lo largo de la vía para evacuar las aguas de lluvia.

- **Protección de la Sub rasante**
 - ✓ No es recomendable construir pavimento alguno sobre una sub rasante con alto índice de humedad, tampoco se debe almacenar o apilar material alguno sobre esta sub rasante.
 - ✓ El pavimento deberá colocarse cuando la sub rasante haya sido nivelado, compactado y aprobado por el ente responsable.

- **Compactación**
 - ✓ La Compactación deberá efectuarse por medio de rodillos lisos vibratorios o con neumáticos, u otro tipo de equipo adecuado.
 - ✓ El esparcido debe hacerse antes y durante el rodillado, de la manera más uniforme posible.
 - ✓ La escarificación y mezclado de la sub rasante debe asegurar una mezcla uniforme y un compactado eficiente, cuyo espesor será no menor de 0.15 m.
 - ✓ El grado de compactación para la sub rasante será del 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado, recomendándose compactar con la humedad correspondiente a la rama húmeda de la curva del Proctor Modificado; es decir con el óptimo contenido de humedad, debiendo fluctuar entre 2% como máximo.
 - ✓ En zonas donde el terreno está constituido por material arcilloso o limos arcillosos y arcillas muy plásticas y compresibles se deberá usar rodillo pata de cabra que permita incrementar la presión desde 250 hasta 500 lbs/pulg² en las zonas de contacto de las patas con el suelo; teniendo en cuenta las características de este material, en esta zona no existe dicho material.

- **Control Técnico**
 - ✓ Realizar pruebas de compactación cada 50 metros lineales, alternadamente en los bordes y el eje de la vía, empleando el método del frasco cono y arena del volúmetro o cualquier otro método aprobado.
 - ✓ El grado de compactación especificado para la capa de base granular será del 100% de la Máxima Densidad Seca de Laboratorio, AASHTO T-180.
 - ✓

c) Señalización

El presente proyecto pone énfasis en el carácter de seguridad vial, considerando las utilidades de paneles reglamentarios e informativos; educando a los usuarios a respetar las señales de tránsito, y responder adecuadamente a estas.

Siendo así que para una adecuada señalización se ha puesto en marcha una serie de señales que ayuden al conductor reaccionar adecuadamente a las diferentes solicitudes de la vía, y pudiendo de esta manera garantizar la vida humana.

A continuación, presentamos las siguientes señales:

Señalización vertical

- Señales reglamentarias
Se ha considerado en todo el proyecto el uso de la señal reglamentaria “Pare” en cada intersección o cruce de la vía urbana con las demás vías de la Localidad de Sauce lado izquierdo, esta señal incluye poste y dado de concreto.
- Señales informativas
Se colocará uno en cada cuadra de la vía urbana, para informar a los beneficiarios de la vía en que cuadra se encuentran, y el nombre de esta vía. Esta señal incluye poste y dado de concreto.

Señalización horizontal

- Marcas en el pavimento; que consta de línea continua y discontinua, señal de pase peatonal y ciclovía.

1.5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

1.5.1. SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO

El proyecto propone, realizar un mejoramiento de la infraestructura vial en las 15 cuadras de la Av. Leticia del distrito de Sauce, mediante la colocación de pavimentación rígida de concreto con un E=0.20m, Construcción de Bocacalles de Adoquín, Construcción de Veredas Rebajadas de Adoquín, construcción de sistemas de drenaje pluvial (Cunetas y Alcantarillas), y construcción de corredores peatonales (Veredas, Rampas y Gradadas) y construcción de Corredor de Ciclovía.

La longitud total de las calles a intervenir en el presente proyecto asciende a 1, 556.59 metros lineales, conformado por 15 cuadras de la Av. Leticia C-01 a la C -15, los cuales presentan pendientes mínimas del orden de 0.22% y pendientes máximas de hasta 3.25%.

➤ Estructura de Pavimento

La estructura del Pavimento tiene un espesor total de 0.60 m. (Según el Estudio de Mecánica de Suelos), el cual se detalla a continuación:

- Mejoramiento = 0.20 m, CBR mín = 20%
- Sub base granular = 0.20 m. CBR mín = 45%
- Pavimento Rígido = 0.20 m.

➤ **Estructura de Adoquinado**

La estructura del Pavimento tiene un espesor total de 0.83 m. (Según el Estudio de Mecánica de Suelos), el cual se detalla a continuación:

- Mejoramiento = 0.30 m, CBR mín = 20%
- Sub base granular = 0.20 m. CBR mín = 45%
- Base granular = 0.20 m. CBR mín = 45%
- Cama de Arena = 0.05 m.
- Adoquín = 0.08 m.

➤ **Diseño Geométrico**

El Proyecto se ha elaborado considerando secciones típicas transversales adecuadas a los anchos existentes de la vía urbana, es así, que las principales características técnicas del Proyecto son:

- 5,602.93 m³ de Mejoramiento de Terreno a Nivel de Sub rasante de pavimento rígido y veredas, con un espesor mínimo E= 0.20 m, variando según la topografía. Compuesto de una combinación en volumen, hecha en laboratorio de suelos, que consta de la siguiente conformación:

MATERIAL	CANTIDAD % (Volumen)
Hormigón del Rio Huallaga	50%
Piedra chancada 1" – ½" rio Huallaga	20%
Arena triturada rio Huallaga	10%
Material ligante (suelo amarillento)	20%
TOTAL	100%

- 1,573.90 m³ de Base Granular E=0.20m. Compuesto de una combinación en volumen, hecha en laboratorio de suelos, que consta de la siguiente conformación:

MATERIAL	CANTIDAD % (Volumen)
Piedra chancada 1" – ¾" rio Huallaga	50%
Piedra chancada ½" rio Huallaga	10%
Arena triturada rio Huallaga	20%
Arena gruesa rio Cumbaza	10%
Material ligante (suelo amarillento)	10%
TOTAL	100%

- 326.79 m³ de Sub Base Granular E=0.20m, en pavimento adoquinado.
- 1,221.19 m³ de Pavimento Rígido de C°S° f'c=210 Kg/cm², E=0.20m, Ancho de Calzada = 2.70 ml x Dos carriles primer tramo, Ancho de Calzada = 3.30 ml x Dos carriles segundo tramo.
- 1,633.97 m² de Bocacalles de Adoquín vehicular.
- 1,592.50 m² de Veredas rebajadas de Adoquín peatonal.
- Ancho de Rampas de acceso = variable C°S°, f'c = 175 Kg/cm²
- Ancho de Veredas = variable. C°S°, f'c = 175 Kg/cm²
- Ancho de Ciclovía = 2.00 mt. C°S°, f'c = 175 Kg/cm²

- Cunetas = Sección Cerrada de 0.50 x 0.60 m C°A°, 0.50 x 0.73 m C°A°, 0.90 x 0.83 m C°A°, 1.00 x 0.83 m C°A°, 1.10 x 0.83 m C°A°, 1.20 x 0.83 m C°A°, 1.25 x 0.83 m C°A°, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- 03 puentes de Concreto Armado, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.
- 95.10 m³ de Muretes de contención de C°A°, $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.
- 11.26 m³ de Muros de contención de C°A°, $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.
- 116 unidades de Farolas de tubo metálico.
- Radio mínimo normal = 25.00 mts
- Velocidad Directriz = 30 Km/Hr
- Pendiente máxima = 0.22% – 3.25%
- Bombeo = 2%
- Longitud Vertical mínima = 40.00 mts.
- Talud de Relleno = 1:1.5
- Talud de Corte = Variable

➤ **Obras de Arte y Drenaje**

El Proyecto se ha elaborado considerando secciones típicas transversales adecuadas a los anchos existentes de la vía urbana; es así, que las principales características técnicas del Proyecto son:

- **Veredas (longitudinales):**

Se prevé construir veredas de concreto simple, acondicionadas al nuevo trazo geométrico de la vía, permitiendo así el tránsito peatonal adecuado para garantizar la integridad física de los usuarios.

Evidentemente las veredas siempre están presentes en todo proyecto urbano, pero su provisión requiere a menudo de la necesidad de utilización, capacidad y disponibilidad de recursos económicos, materiales, etc.

En el proyecto se consideran veredas de concreto con un espesor de 10 cm., y vida útil de hasta 10 años, de acuerdo con la concepción del proyecto, indicándose que la resistencia a la compresión es de 175 Kg/cm², tal como lo detallan los planos respectivos.

- **Rampas de acceso:**

Se prevé construir rampas de acceso, de concreto simple, acondicionadas al nuevo trazo geométrico de la vía, permitiendo así el tránsito peatonal y vehicular adecuadamente, para así garantizar la integridad física de los usuarios.

Evidentemente las rampas de acceso están presentes en los proyectos cuando la sección transversal de la vía lo permite. Indicándose que la resistencia a la compresión es de 175 Kg/cm², tal como lo detallan los planos respectivos.

- **Cunetas:**

Se ha planteado construir Cunetas, para la derivación de las aguas pluviales.

Estas cunetas se construirán de concreto armado, con una resistencia a la compresión de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de acuerdo a los detalles indicados en los planos respectivos.

Se deberá tener en cuenta las siguientes variables para el Diseño Hidráulico:

- ✓ Pendiente de los tramos de la vía.
- ✓ Depresiones locales.
- ✓ Retención de residuos sólidos.
- ✓ Altura de diseño de la superficie de aguas dentro de las cunetas.
- ✓ Pendiente longitudinal de las cunetas.
- ✓ Coeficiente de rugosidad de la superficie de las cunetas.

● **Señalización Vial:**

El estudio de la señalización vial tiene como función fundamental controlar la operación del tránsito automotor, propiciar el ordenamiento del flujo del mismo e informar al usuario sobre lo que puede ser de su interés desde diversos puntos de vista.

El estudio comprende la ubicación de señales verticales y horizontales, marcas en el pavimento, que se colocan en los tramos de la vía donde las condiciones físicas y geométricas lo ameritan.

En tal sentido se han proyectado señales de tránsito acorde con la normatividad vigente por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Para la demarcación del pavimento se empleará pintura de tráfico color blanca y amarilla.

1.6. METAS DEL PROYECTO

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
OBRAS DE PAVIMENTO		
MEJORAMIENTO DE TERRENO $E_{min}=0.20$ M	M3	5,602.93
BASE GRANULAR $E=0.20$ M	M3	1,573.90
SUB BASE GRANULAR $E=0.20$ M	M3	326.79
PAVIMENTO RIGIDO $E=0.20$ M. ($f'c=210$ Kg/cm ²)	M3	1,221.19
OBRAS DE ADOQUINADO		
COLOCACION DE ADOQUINES COLOR ROJO DE 0.10x0.20x0.08	M2	1,633.97
CONCRETO $F'C =210$ KG/CM ² PARA SARDINEL	M3	37.58
SEÑALIZACION VIAL		
PINTURA LINEAL DISCONTINUA $A=0.10$ M	ML	542.00
PINTURA LINEAL CONTINUA $A=0.10$ M	ML	2,557.04
PINTURA DE SIMBOLOS LETRAS Y SEÑALES	M2	486.55
SEÑALES PREVENTIVAS DE 60x60 CM	UND	33.00
CUNETAS		
CONCRETO $F'C=210$ KG/CM ² , EN CUNETAS	M3	1,470.49
ALCANTARILLAS		
CONCRETO $F'C=210$ KG/CM ² , EN ALCANTARILLAS	M3	119.91
VEREDAS DE CONCRETO		

CONCRETO f 'c=175 kg/cm2 INC. CURADO	M3	1,235.97
VEREDAS DE ADOQUIN		
COLOCACION DE ADOQUINES COLOR ROJO DE 0.10x0.20x0.08	M2	23.16
CONCRETO F'C =175 KG/CM2 PARA SARDINEL	M3	2.89
VEREDAS REBAJADAS		
COLOCACION DE ADOQUINES COLOR NATURAL DE 0.10x0.20x0.08	M2	1,592.50
CONCRETO F'C =175 KG/CM2 PARA SARDINEL	M3	75.24
CICLOVIA		
CONCRETO f 'c=175 kg/cm2 INC. CURADO	M3	373.83

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
RAMPAS		
CONCRETO f 'c=175 kg/cm2 INC. CURADO	M3	62.08
BANCAS		
CONCRETO f 'c=175 kg/cm2, EN BANCAS	M3	58.83
BASUREROS		
BASURERO DE FIBRA DE VIDRIO	UND	78.00
MURETES DE CONTENCION		
CONCRETO f 'c=210 kg/cm2, EN MURETES DE CONTENCION	M3	95.10
MUROS DE CONTENCION		
CONCRETO f 'c=210 kg/cm2, EN MUROS DE CONTENCION	M3	11.26
PUENTES		
Puente Losa de Luz L=8.60 m, de C°A° f'c = 210 Kg/cm2 sobre la quebrada Upianillo.	UND	1.00
Puente tipo Losa de Luz L=6.60 m, de C°A° f'c = 210 Kg/cm2 sobre la quebrada Ojos.	UND	1.00
Puente tipo Losa de Luz L=8.60 m, de C°A° f'c = 210 Kg/cm2 sobre la quebrada Bijahuillo.	UND	1.00
INSTALACIONES ELECTRICAS		
FAROLA ESFERICA CON EQUIPO INCORPORADO	UND	116.00
JARDINES		
SEMBRIO DE PLANTAS	UND	533.00
MITIGACION AMBIENTAL		
EDUCACION Y CAPACITACION AMBIENTAL	GLB	1.00
HUMEDECIMIENTO DE LAS VIAS DE DESPLAZAMIENTO	M3	373.61
PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL	GLB	1.00

1.7. COSTO DE INVERSION

El costo total del proyecto asciende al monto de **NUEVE MILLONES NOVECIENTOS NOVENTITRES MIL SEISCIENTOS DIECINUEVE Y 40/100 NUEVOS SOLES (S/ 9, 993,619.40)** a diciembre 2,020, según el detalle siguiente:

COMPONENTES	PRESUPUESTO
OBRAS PROVISIONALES	179,797.00
TRABAJOS PRELIMINARES	51,894.15
DEMOLICIONES	103,978.71
SEGURIDAD Y SALUD	121,050.00
PONTONES	857,710.93
PAVIMENTO RIGIDO	1,168,392.53
PAVIMENTO ADOQUINADO	335,633.28
CUNETAS	1,674,313.95
ALCANTARILLAS	136,891.67
MURETES Y MURO DE CONTENCION	108,342.13
VEREDAS DE CONCRETO	1,105,996.28
VEREDAS DE ADOQUIN	5,532.13
VEREDAS DE ADOQUIN A NIVEL DE PISTA	333,211.91
CICLOVIA	426,709.31
RAMPAS	63,652.44
BANCAS	97,140.29
BASUREROS	26,205.66
INSTALACIONES ELECTRICAS	203,033.96
JARDINES	5,644.47
MITIGACION AMBIENTAL	25,736.91
SEÑALIZACION VIAL	43,666.59
VARIOS	6,710.67
COSTO DIRECTO S/	7,081,244.97
GASTOS GENERALES (10.28% CD) S/	727,951.98
UTILIDAD (4.72% CD) S/	334,234.76
SUB TOTAL 1 S/	8,143,431.71
IGV (18% ST) S/	1,465,817.71
SUB TOTAL 2 S/	9,609,249.42
SUPERVISION DE OBRA (4% ST2) S/	384,369.98
COSTO TOTAL DEL PROYECTO S/	9,993,619.40

1.8. PLAZO DE EJECUCION

El tiempo asignado para la ejecución del presente proyecto “MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL URBANA DE LA AV. LETICIA CUADRA 01 HASTA LA CUADRA 15, EN LA LOCALIDAD DE SAUCE - DISTRITO DE SAUCE - PROVINCIA DE SAN MARTIN - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN” es de 365 días calendarios equivalentes a **Doce (12) meses**, el plazo de ejecución determinado obedece al tiempo requerido para trasladar los materiales y agregados desde la ciudad de Tarapoto hasta la localidad de sauce teniendo en su recorrido que cruzar el río Huallaga a través de una balsa, lo cual este tipo de transporte no da continuidad para el abastecimiento constante, teniendo una capacidad limitado para el acopio de materiales y agregados en la obra.

1.9. MODALIDAD DE EJECUCION

La modalidad de ejecución de la obra se propone sea, POR CONTRATA – a “PRECIOS UNITARIOS”.