

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE
PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE Y RÍGIDA POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DEL
CICLO DE VIDA DE LAS CARRETERAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO**

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

TESISTA:

Bach. Ramírez Blanco, Gabriel Augusto Hermógenes.

Asesor:

Mba. Ing. Cordova Facundo, Carlos

HUÁNUCO - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios, por derramar su bendición sobre mi hogar, por encaminarme por el buen sendero para realizar buenas acciones, por darme la gracia de la vida y por haberme dado una bella familia.

A Mis padres, por su inmenso cariño, apoyo y confianza que me brindan en cualquier circunstancia en las que me encuentro.

A la EAPIC, por haberme dado la oportunidad de formarme como un profesional en el campo de la ingeniería y a su vez un reconocimiento a todos los docentes integrantes de esta escuela académica.

AGRADECIMIENTO

Al Mba. Ing. Cordova Facundo Carlos, por el interés, compromiso y tiempo dedicado a la orientación de la realización de este trabajo de investigación.

El tesista.

RESUMEN

La presente investigación que lleva como título “COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE Y RÍGIDA POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS CARRETERAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO” tiene por objetivo principal comparar las alternativas de pavimentación flexible y rígida para determinar cual resulta favorable durante el ciclo de vida para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación, utilizando la metodología AASHTO 93. Para ello, la metodología empleada por un lado es cuantitativa, por lo que se desarrollarán modelos técnicos y económicos equivalentes para ambas versiones de pavimentos las cuales serán comparadas. Por otro lado, la parte técnica, involucra el estudio de pavimentos equivalentes en sus versiones de flexible y rígido que se desarrollarán mediante una matriz que considere diseños equivalentes a partir de dos parámetros: tránsito y suelo. En el desarrollo de la presente investigación se establecieron las características técnicas de ambas alternativas de pavimentación tanto en diseño como procedimiento constructivo, posteriormente se realizaron los diseños de pavimentos equivalentes en ambas alternativas, exigidos a las mismas condiciones de tránsito y suelo, para luego comparar los costos en el ciclo de vida y conocer la eficacia y competitividad de cada una de las alternativas de pavimentación para determinadas condiciones.

SUMMARY

This research entitled "TECHNICAL-ECONOMIC COMPARISON OF THE FLEXIBLE AND RIGID PAVING ALTERNATIVES THROUGH THE ANALYSIS OF THE ROAD LIFE CYCLE IN THE HUÁNUCO REGION". AASHTO 93. For this, the methodology used on the one hand is quantitative, so that equivalent technical and economic models will be developed for both versions of pavements which will be compared. On the other hand, the technical part involves the study of equivalent pavements in its flexible and rigid versions that are developed through a matrix that considers equivalent equivalents based on two parameters: traffic and soil. In the development of this research, the technical characteristics of both paving alternatives were established both in the design and the construction procedure, then the equivalent pavement designs were perfected in both alternatives, the same conditions of traffic and soil were demanded, for later compare them Working conditions.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
SUMMARY	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE.....	VII
INDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE GRÁFICOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV

INDICE

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes y fundamentación del problema	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Fundamentación del problema	3
1.2 Formulación del problema	5
1.2.1 General	5
1.2.2 Específicos	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específicos	7
1.4 Justificación e importancia	7
1.5 Limitaciones	9
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Revisión de estudios realizados	10
2.2 Conceptos fundamentales	13
2.2.1 Pavimento	13
2.2.2 Comportamiento esperado en los pavimentos	14
2.2.3 Pavimento flexible	15
2.2.4 Pavimento rígido	18

2.2.5 Deterioros y fallas en los pavimentos	21
2.2.6 Ciclo de vida en los pavimentos	32
2.3 Marco situacional	34
2.3.1 Datos generales de las carreteras	34
2.3.2 Evolución de los pavimentos de concreto en el mundo	45
2.3.3 El pavimento regido en el Perú	48
2.4 Definiciones de términos básicos	53
2.5 Hipótesis	61
2.5.1 Hipótesis general	61
2.5.2 Hipótesis específicas	61
2.6 Variables	62
2.6.1 Variables independientes	62
2.6.2 Variable dependiente	62
2.7 Dimensiones e indicadores	62
2.8 Definición operacional de las variables, dimensiones e indicadores	63
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	64
3.1 Nivel y tipo de investigación	64
3.2 Diseño de la investigación	65
3.2.1 Esquema de la investigación	65
3.2.2 Metodología de la investigación	66
3.3 Universo Población y muestra	67

3.3.1 Determinación del universo/ población	67
3.3.2 Selección de la muestra	67
3.4 Técnica de recolección y tratamiento de datos	67
3.4.1 Fuentes, técnicas, e instrumentos de recolección de datos	67
3.4.2 Procesamiento y presentación de datos.	68
CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	73
4.1 Características técnicas de los pavimentos flexibles	73
4.1.1 Diseño de pavimentos flexibles – Método AASHTO 1993	73
4.1.2 Proceso constructivo de pavimentos flexibles	83
4.2 Características técnicas de los pavimentos rígidos	93
4.2.1 Diseño de pavimentos rígidos – Método AASHTO 1993	93
4.2.2 Tipos de pavimentos rígidos	99
4.2.3 Proceso constructivo de pavimentos rígidos	103
4.3 Diseño de los paquetes de pavimentos técnicamente equivalentes	111
4.3.1 Consideraciones iniciales y generales	111
4.3.2 Diseño de los paquetes estructurales de pavimentos flexibles	116
4.3.3 Diseño de los paquetes estructurales de pavimentos rígidos	141
4.4 Matriz comparativa de pavimentos técnicamente equivalentes	166
4.5 Calculo de costos de los pavimentos técnicamente equivalentes	167
4.5.1 Consideraciones generales para el cálculo de costos	167
4.5.2 Calculo de costos en los pavimentos flexibles	169

	X
4.5.3 Calculo de costos en los pavimentos rígidos	194
4.6 Matriz comparativa de costos	219
CAPITULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	220
5.1 Análisis comparativo en los paquetes estructurales	220
5.1.1 Análisis comparativo en las capas de pavimentos flexibles	220
5.1.1 Análisis comparativo en las capas de pavimentos rígidos	223
5.2 Comparación de costos en las alternativas de pavimentación	224
5.2.1 Análisis comparativo de costos de construcción inicial	224
5.2.2 Análisis comparativo de costos en el ciclo de vida	226
5.2.3 Análisis comparativo en las alternativas de pavimentación	228
5.3 Beneficios en el uso de ambas alternativas de pavimentación	229
5.3.1 Beneficios de un pavimento rígido sobre uno flexible	229
5.3.2 Beneficios de un pavimento flexible sobre uno rígido	234
CONCLUSIONES	235
RECOMENDACIONES	238
BIBLIOGRAFIA	240
ANEXOS	241

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Sistema Nacional de carreteras	35
Tabla 2 - Situación actual de la red vial nacional.	37
Tabla 3 - Superficie de rodadura de la red vial nacional departamentos.	38
Tabla 4 - Situación actual de la red vial departamental.	39
Tabla 5 - Superficie de rodadura de la red vial departamental.	40
Tabla 6 - Situación actual de la red vial vecinal.	41
Tabla 7 - Superficie de rodadura de la red vial vecinal por departamentos .	42
Tabla 8 - Carreteras por tipo de superficie de rodadura	43
Tabla 9 - Matriz de comparación de pavimentos equivalentes	70
Tabla 10 - Distribución de vehículos	71
Tabla 11 - Niveles de confiabilidad	75
Tabla 12 - Valores de desviación estándar	76
Tabla 13 – Valores de índice de serviciabilidad	77
Tabla 14 - Factores de equivalencias de carga en pavimentos flexibles	78
Tabla 15 - Capacidad del drenaje	79
Tabla 16 – Coeficiente de drenaje	80
Tabla 17 – Factores de equivalencias de carga en pavimentos rígidos.....	95
Tabla 18 – Coeficientes de transferencia de carga	97
Tabla 19 - Determinación del factor camión (TF).....	112
Tabla 20 - Ejes equivalentes de diseño	113
Tabla 21 - Módulos resilientes para cada subrasante.....	113
Tabla 22 - Módulos de reacción para cada subrasante	114
Tabla 23 - Condiciones generales en las capas del pavimento flexible	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estructura típica de un pavimento flexible.....	18
Figura 2 - Estructura típica de un pavimento rígido	20
Figura 3 - Bache en pavimento flexible.....	21
Figura 4 - Fisura en pavimento flexible.....	22
Figura 5 - Desgaste superficial en la carpeta asfáltica.....	23
Figura 6 - Piel de cocodrilo en pavimento flexible.....	24
Figura 7 - Ondulaciones en pavimento flexible	25
Figura 8 - Grieta transversal en el pavimento rígido	26
Figura 9 - Alabeos en el pavimento rígido	27
Figura 10 - Agrietamiento longitudinal	28
Figura 11 - Rotura en esquinas en pavimento rígido	29
Figura 12 - Erosión por bombeo en pavimento rígido	30
Figura 13 - Escalonamiento en pavimento rígido.....	31
Figura 14 - Despostillamientos de juntas en pavimento rígido.....	32
Figura 15 - Distribución de esfuerzos en pavimentos.....	32
Figura 16 - Sección del pavimento en la Avenida Venezuela 1924	50
Figura 17 - Disposición de juntas Vía Expresa 1966	52
Figura 18 - Sección del pavimento en la Vía expresa 1966.....	52
Figura 19 - Autopista de prueba del experimento AASHTO	54
Figura 20 - Distribución del material de sub base	84
Figura 21 - Compactación de la sub base	85
Figura 22 - Transporte y colocación del material de base	86
Figura 23 - Distribución y mezclado del material de base.....	87
Figura 24 - Imprimación asfáltica	88
Figura 25 - Elaboración de la mezcla asfáltica	89
Figura 26 - Extensión de la mezcla asfáltica.....	91
Figura 27 - Compactación de la mezcla.....	92
Figura 28 - Pavimentos de concreto simple sin pasadores.....	99
Figura 29 - Pavimentos de concreto simple con pasadores	100
Figura 30 - Elementos de un pavimento de concreto simple con pasadores.	101
Figura 31 - Esquema de un pavimento rígido con pasadores.....	101

Figura 32 - Pavimentos de concreto reforzado con juntas.....	102
Figura 33 - Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.....	102
Figura 34 - Distribución del material de sub base.....	103
Figura 35 - Barras pasa juntas con canastillas.....	104
Figura 36 - Colocación del concreto hidráulico con pavimentadora.....	106
Figura 37 - Alisado y acabado de superficie.....	107
Figura 38 - Texturizado y curado del concreto.....	108
Figura 39 - Aserrado de juntas de contracción.....	109
Figura 40 - Sellado de juntas longitudinales.....	110
Figura 41 - Sección transversal típica para los pavimentos flexibles.....	185
Figura 42 - Sección transversal típica para los pavimentos rígidos.....	185
Figura 43 - Efecto de la temperatura en los pavimentos.....	247
Figura 44 - Separación del alumbrado público en los pavimentos.....	250

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vida útil de un pavimento	33
Gráfico 2 - Ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto.....	34
Gráfico 3 - Calidad de la infraestructura vial en el Perú.....	35
Gráfico 4 - Sistema Nacional de carreteras.	36
Gráfico 5 - Red vial nacional por superficie de rodadura	37
Gráfico 6 - Red vial departamental por superficie de rodadura.....	39
Gráfico 7 - Red vial vecinal por superficie de rodadura	41
Gráfico 8 - Carreteras por tipo de superficie de rodadura.....	43
Gráfico 9 - Red vial nacional por tipo de superficie de rodadura.....	43
Gráfico 10 - Red vial departamental por tipo de superficie de rodadura	44
Gráfico 11 - Red vial vecinal por tipo de superficie de rodadura.....	44
Gráfico 12 - Espesores de la carpeta asfáltica	220
Gráfico 13 - Espesores de la base granular.....	221
Gráfico 14 - Espesores de la sub base granular.....	221
Gráfico 15 - Espesores totales de la estructura de pavimento flexible.....	222
Gráfico 16 - Espesores de la losa de concreto	223
Gráfico 17 - Espesores totales de la estructura de pavimento rígido.....	223
Gráfico 18 - Costos de construcción inicial de los pavimentos flexibles	224
Gráfico 19 - Costos de construcción inicial de los pavimentos rígidos.....	225
Gráfico 20 - Costos en el ciclo de vida de los pavimentos flexibles.....	226
Gráfico 21 - Costos en el ciclo de vida de los pavimentos rígidos.....	227
Gráfico 22 -Relación de costos de construcción inicial	228
Gráfico 23 - Relación de costos en el ciclo de vida.....	228
Gráfico 24 – Durabilidad de los pavimentos.	229

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son la base principal para el buen funcionamiento de la economía local y nacional, de manera que produce una serie de beneficios para el desarrollo de los lugares que se encuentran interconectados. En ese sentido, una de las maneras de mejorar el problema económico en una región es mediante el transporte, invirtiendo en infraestructura de transporte genera desarrollo potenciando la producción y brindando una mejor calidad de vida en la Región.

Los pavimentos son los elementos estructurales de vital importancia en la infraestructura vial ya que de este depende el nivel de servicio que brinda una carretera. La demanda de nuevas y mejores vías de transporte influye en la aplicación de estudios basados en las características técnicas y económicas de cada alternativa de pavimentación, que a su vez permita evaluar los costos iniciales de construcción así como los de conservación y se deje claro los planteamientos que demuestren que la alternativa de pavimentación seleccionada sea la que brinde mejores resultados al principio y a lo largo de su vida de diseño.

Es por ello que surge la idea de realizar la siguiente investigación: “COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE Y RÍGIDA POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS CARRETERAS EN LA REGIÓN HUÁNUCO”, a manera de visión general se busca realizar el diseño de pavimentos

equivalentes en ambas alternativas, exigidos a las mismas condiciones de tránsito y suelo, para luego comparar los costos en el ciclo de vida y conocer la eficacia y competitividad de cada una de las alternativas de pavimentación para determinadas condiciones.

De manera resumida se detalla a continuación la estructura del trabajo de investigación la cual consta de 6 capítulos:

El Primer Capítulo corresponde al planteamiento del problema, en la cual se desarrollan los antecedentes y fundamentación del problema, formulación del problema, objetivos generales y específicos, justificación e importancia, limitaciones, alcances y formulación de la hipótesis.

El Segundo Capítulo concierne al marco teórico, donde se mencionan los estudios realizados, las bases conceptuales relacionados con los términos del título de la investigación, el marco situacional y definiciones de términos básicos, las cuales nos darán mayor claridad conceptual del tema en estudio.

En el Tercer Capítulo se plantea el marco metodológico, donde se precisa el tipo, nivel y diseño de la investigación desarrollada, así como también se delimitó el área de estudio mediante la selección de la muestra y las técnicas de recolección empleadas para la obtención de los datos.

En el Cuarto Capítulo se realizan los diseños y costos de cada alternativa de pavimentación desarrollando la matriz de comparación.

Finalmente en el último capítulo se analizan y discuten los resultados, haciendo la comparación técnico económica.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes y fundamentación del problema

1.1.1 Antecedentes

A lo largo de las últimas décadas, el concreto hidráulico utilizado considerablemente en países desarrollados para la construcción de carreteras, no ha sido usado en el Perú en la misma proporción, limitándose su empleo solo para vías departamentales y vecinales. En general, esto se ha debido a ciertas limitaciones y a la falta de actualización de las tecnologías disponibles para construir pavimentos de concreto, lo cual no le ha permitido competir técnica y económicamente frente a otra alternativa: la de utilizar pavimentos flexibles (Bendezu, 2008).

Sin embargo, los recientes avances de la tecnología del concreto, elaboración y colocación en obra, sumados a la mayor capacidad de proveer en forma continua un elevado nivel de servicios así como requerir menos intervenciones de conservación durante su vida útil, han hecho que éste haya adquirido una posición sumamente competitiva como material de pavimentación. En este sentido, es importante para la evaluación de alternativas de pavimentación tener en cuenta que esta decisión se base siempre en la consideración de los costos a lo largo de su periodo de diseño, incluyendo por supuesto el costo de construcción (Bendezu, 2008).

Debido a las limitaciones de tecnología y a lo limitado de su empleo, es común encontrar especialistas que sin haber realizado un análisis comparativo adecuado, indican que el costo de construcción del pavimento de concreto no es competitivo. Esto no necesariamente se ajusta a la realidad (Becerra, 2013).

El pavimento de concreto tiene muy poca presencia en la red vial peruana, a diferencia de otros países, en los que sí juega un rol importante en la competitividad del país. En el Perú, los pavimentos de concreto han sido mayormente considerados para proyectos referidos a la red vial vecinal, teniendo poca incidencia en la red vial nacional y departamental (Cordano, 2008).

Aunque no hay información estadística sobre la participación de los pavimentos de concreto en las redes viales nacionales y departamentales se puede inferir que su penetración no es más del 1%. Existen por lo tanto obras emblemáticas que sí aprovecharon las fortalezas del concreto en su estructura. Sólo en Lima se pueden mencionar las siguientes obras: Avenida Venezuela (1924), Avenida Vía Expresa (1966), Avenida Lima (2005), Avenida Arenales (2007), El Metropolitano (2010) (Cordano, 2008).

Si se representa en una línea de tiempo las principales obras en pavimentos de concreto, se puede concluir que entre ellas existen periodos de aproximadamente 40 años. Este dato es muy importante para entender la

problemática actual del ingreso de los pavimentos de concreto en las redes viales de nuestro país. Es obvio que al no tener continuidad en el diseño, construcción, supervisión y evaluación de proyectos en concreto, con el tiempo se ha creado una brecha de conocimientos y tecnología que limita su ingreso y que se debe reducir (Cordano, 2008).

1.1.2 Fundamentación del problema

Las carreteras son el medio de transporte a través de la cual circula la economía de nuestro país, siendo importantes para la distribución de mercancías y transporte de pasajeros que desean movilizarse hacia las diferentes partes dentro o fuera de una determinada región, para establecer comunicación entre municipios y departamentos lo que fortalece las relaciones y el desarrollo social (López, 2016). Por esta razón se debe poner énfasis al momento de realizar un proyecto de carretera y más aún cuando se desea darle una solución definitiva a la superficie de rodadura de esta, ya que el pavimento de una carretera es un elemento de control de muchos aspectos tales como la serviciabilidad, el tiempo de viaje y la facilidad de poder transitar a través de esta.

En nuestro país, al hablar de carreteras pavimentadas, lo primero que se piensa es en concreto asfáltico, ya que de los tramos pavimentados de nuestra red vial, la mayoría están constituidos de este material. Debido a su predominio, no ha sido posible implementar que las carreteras se construyan con otro material como el concreto hidráulico (pavimento rígido), porque

siempre se ha especulado que construir con este material va a resultar mucho más caro que hacerlo con concreto asfáltico (pavimento flexible). En otras palabras, el pavimento rígido ha constituido un verdadero reto para el país, debido a que no siempre se realiza un análisis económico para comparar el pavimento flexible con otros materiales, además de que siempre ha existido el temor a innovar y emprender en nuevas tecnologías por falta de conocimiento en el tema; se prefirió continuar con los mismos problemas y en ocasiones con gastos económicos que se podrían evitar (Coto, 2016).

Lo anterior, se ha venido transmitiendo por décadas. La mayoría de profesionales involucrados en el tema y comunidad en general, suponen que la construcción de pavimentos rígidos requiere de mayor costo inicial, sin analizar y establecer las condiciones puntuales de cada proyecto, tales como: cargas vehiculares, estudio de suelos, materiales, mano de obra y mantenimiento. No solo el pavimento flexible se puede utilizar en nuestras carreteras; por tal razón, un material como el concreto hidráulico puede ser beneficioso en determinadas condiciones y tener muchas ventajas sobre el concreto asfáltico en proyectos con condiciones que lo ameriten, teniendo en consideración las diferencias del costo inicial y mantenimiento en su vida útil (Coto, 2016).

Las red vial nacional y departamental están a cargo de PROVÍAS, organismo descentralizado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) que cuenta con autonomía técnica, administrativa y financiera, y está

encargado de asegurar la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la red vial nacional y departamental, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social del país (Becerra,2013).

Por lo cual las carreteras son obras públicas en general y nuestro país es considerado una nación en desarrollo, por lo que somos un país tercermundista en el que los recursos económicos son escasos debido a eso al invertir en obras públicas, se trata de conseguir los mismos resultados optimizando los costos (Becerra,2013).

Es así que surge la necesidad de poder decidir responsable y acertadamente que alternativa resulta ser la más favorable económicamente en la pavimentación de una carretera en la región Huánuco, considerando todos los costos que esta demanda a lo largo del ciclo de vida, tanto en la construcción inicial como en el mantenimiento. Teniendo en cuenta los aspectos técnicos y las ventajas que cada una de las alternativas presenta para determinadas condiciones.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 General

¿Qué alternativa de pavimentación resulta más favorable en el ciclo de vida de las carreteras en la región Huánuco?

1.2.2 Específicos

Problema específico N° 1

¿Qué características técnicas de diseño y uso presentan las alternativas de pavimentación flexible y rígida, mediante la metodología AASHTO 93?

Problema específico N° 2

¿Qué paquetes de pavimentos equivalentes en ambas alternativas, se requieren para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación?

Problema específico N° 3

¿Cuál es el costo de cada pavimento equivalente en ambas alternativas, para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación?

Problema específico N° 4

¿Qué alternativa de pavimentación presenta menor costo; considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, para cada condición de tráfico y suelo de fundación anteriormente analizada?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Comparar que alternativa de pavimentación resulta más favorable en el ciclo de vida, de las carreteras en la región Huánuco.

1.3.2 Específicos

Objetivo específico N° 1

Establecer las características técnicas del procedimiento de diseño y del uso de las alternativas de pavimentación flexible y rígida, mediante la metodología AASHTO 93.

Objetivo específico N° 2

Realizar el diseño de paquetes estructurales de pavimentos equivalentes en ambas alternativas de pavimentación, para diversos niveles de tráfico y condiciones de soporte del suelo de fundación.

Objetivo específico N° 3

Realizar el análisis de costos de cada pavimento equivalente en ambas alternativas, para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación.

Objetivo específico N° 4

Comparar ambas alternativas y determinar cuál presenta menor costo; considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, para cada condición de tráfico y suelo de fundación anteriormente analizada.

1.4 Justificación e importancia

La red vial nacional esta pavimentada un 74.5% pero en la región de Huánuco la realidad es otra. Según indicadores económicos del año 2017 la región de Huánuco en el área de Transportes y Comunicaciones presenta el 44.3% de red vial nacional pavimentada, el 2.6% de red vial departamental

pavimentada y el 0.001% de red vial vecinal pavimentada. También cabe mencionar que Huánuco es una región con pobreza monetaria, presenta 36.1% como índice de pobreza total y un 7.2% como índice de pobreza extrema (INEI, 2018).

En ese sentido, una de las maneras de mejorar el problema económico en una región es mediante el transporte, invirtiendo en infraestructura de transporte genera desarrollo potenciando la producción y brindando una mejor calidad de vida en la Región.

La demanda de nuevas y mejores vías de transporte influye en la aplicación de estudios basados en las características técnicas y económicas de cada alternativa, y que a su vez permita evaluar los costos iniciales de construcción, como de mantenimientos y fundamentar en el que se deje claro los planteamientos que demuestren que la alternativa seleccionada sea la que brinde mejores resultados al principio y a lo largo de su vida de diseño.

La construcción de vías con pavimento rígido es una solución probada en el mundo, aporta mayor seguridad para el usuario por ser anti-derrapante y brinda carreteras con ciclos de vida de entre 20 a 40 años, económicas en el largo plazo por sus bajos costos de mantenimiento y por el ahorro en combustible a los vehículos de hasta un 20%. La pavimentación de carreteras con asfalto ha demostrado en muchos lugares que es la mejor opción, sin embargo no son muy ventajosas a largo plazo (Ruiz, 2016).

La presente investigación se justifica porque los resultados obtenidos permiten brindar respuestas a lo anterior mediante un sondeo económico de los costos unitarios de ambas alternativas de pavimentación y analizar las esferas posibles de ambos para dar un resultado objetivo. La realización de este estudio implica el diseño de pavimentos equivalentes en ambas alternativas, exigidos a las mismas condiciones de tránsito y suelo, para su posterior comparación de costos; todo esto para cada uno de los diversos rangos de tránsito y soporte del suelo de fundación que se encuentran en las carreteras de la región Huánuco.

1.5 Limitaciones

Para la presenta investigación existe limitación que respectan al tiempo que requiere desarrollar la tesis, acompañado de aspectos logísticos, económicos y administrativos. Ya que para desarrollar la presente investigación se requerirá de un conjunto de procesos y para la realización de estos procesos se involucran los aspectos anteriormente mencionados

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de estudios realizados

Según el estudio elaborado por Becerra (2013) sobre la comparación Técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costos de construcción inicial, se realizó el cálculo de paquetes equivalentes de pavimentos rígidos y flexibles exigidos a los mismos niveles de tránsito, fundados sobre suelos con las mismas condiciones de soporte, y la posterior comparación de costos de construcción inicial. Los diseños se realizaron mediante la metodología AASHTO 93 considerando rangos de valores de tránsito y tipo de suelo de fundación (dentro de una matriz de comparación), manteniendo para este efecto las mismas consideraciones climáticas. La investigación llega a las 3 siguientes conclusiones relevantes: Para condiciones de suelos de fundación con CBR malos (3%) los pavimentos de concreto resultan más económicos. Para condiciones de suelos de fundación con CBR buenos (25%) los pavimentos de asfalto resultan más económicos. Para condiciones de suelos de fundación con CBR del orden de 10 % presentan costos similares las dos alternativas de pavimentación. La investigación brinda conclusiones muy claras, pero se limita solo a los costos de construcción inicial para pavimentos equivalentes de concreto y asfalto, lo cual solo proporciona una idea parcial de que alternativa de pavimentación resulta ser más ventajosa económicamente.

En otro estudio correspondiente al “Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y el pavimento rígido” (Torres, 2007) desarrollada en Guatemala, en la cual realiza una recopilación de las ventajas y desventajas de ambas alternativas de pavimentación y las dificultades que estas presentan tanto en el proceso constructivo como en el comportamiento a lo largo de su vida útil. Posteriormente realiza diseños de ambas alternativas de pavimentación para dos determinadas carreteras: “Ruta RN - 13 tramo Génova - Caballo Blanco” y “Ruta CA – 9 - Norte tramo Rodriguitos entrada a Palencia”. Posteriormente realizando un análisis comparativo de costos entre las dos alternativas de pavimentación, llegando a la conclusión 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, en cuanto a cargas, tipo de subrasante, especificaciones de materiales y tiempo. En cuanto al proceso constructivo concluye que ambos pavimentos cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a través de su vida útil; tomando en consideración que la ejecución de ambos con lleva un estricto control de calidad que garantice durabilidad y buen funcionamiento. Siendo indispensable, para que esto se cumpla, un apropiado programa de mantenimiento que garantice su conservación. La investigación se desarrolló solo para dos tramos específicos y solo abarca costos de construcción inicial, sus conclusiones resultan ser limitadas si se desea conocer que alternativa es

más económica de manera absoluta y en términos generales para distintas condiciones de tráfico y suelo de fundación.

En otro estudio similar acerca del “Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta S/R: Santa Elvira – El arenal, en la comuna de Valdivia” (Burgos, 2014) desarrollada en Chile, en la cual 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. Los cálculos de diseño para ambas alternativas de pavimentación teniendo en cuenta los parámetros de diseño para esa determinada ruta se realizaron mediante el software de pavimentos PAVIVIAL basado en el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile. Luego realizaron el análisis comparativo de costos donde interviene el costo de construcción inicial de cada alternativa y el costo de conservación durante su vida de servicio, para lo cual implementaron un modelo computacional con HMD 3.2 el cual fue desarrollado por el Banco Mundial y calibrado a la red vial Chilena, en el contexto del estudio "Validación y Complementación de Costos Operacionales en Caminos de Chile", realizado por la Universidad de Chile por mandato de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas. Como resultados obtienen que a manera de costos de construcción inicial el pavimento flexible es casi un 40% más rentable que el pavimento de hormigón, pero en el aspecto donde obtienen ventaja el pavimento rígido es en la conservación del mismo, debido a su bajo deterioro su costo de

mantención es alrededor del 45% más económico que la mantención del pavimento flexible. Como conclusión final, según el estudio y análisis realizado se elige construir un pavimento flexible, el cual es económicamente más rentable. Debido a que la investigación se desarrolló solo para un tramo específico, sus conclusiones resultan ser limitadas si se desea conocer cuál de las dos alternativas de pavimentación es más económica en términos generales para distintas condiciones de tráfico y suelo de fundación en los pavimentos de carreteras.

2.2 Conceptos fundamentales

2.2.1 Pavimento

El pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa de materiales, apoyada íntegramente sobre el suelo preparado para soportarla, diseñado y construido para soportar las sollicitaciones del tránsito en diferentes condiciones climáticas, sin agrietarse o deformarse excesivamente dentro de un rango de serviciabilidad y durante un periodo de tiempo establecido, durante el que necesariamente deberá de recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio. Estando formada por una o varias capas de espesores y calidades diferentes que se colocan sobre la subrasante, tiene por función más importante el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento, y un cuerpo estable y permanente bajo la acción de las cargas (Vivar, 1995).

Son soluciones para la configuración de caminos, siendo éstos concebidos, diseñados y construidos pensando en mejorar y mantener condiciones óptimas de tránsito de personas, bienes y servicios a lo largo de su vida útil. Debido a que los esfuerzos producidos por el paso de las cargas vehiculares decrecen con la profundidad, se deben colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento del pavimento son: anchura, trazo horizontal y vertical y resistencia adecuada a las cargas, para evitar las fallas, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas (Londoño, 2002).

2.2.2 Comportamiento esperado en los pavimentos

Es importante mencionar que los pavimentos deben ser diseñados, construidos y mantenidos con la finalidad de lograr un comportamiento funcional y estructural óptimo durante su ciclo de vida. Por comportamiento funcional: se entiende que son todos los aspectos que afectan la calidad de la carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía (Becerra, 2013).

Es importante mencionar que los pavimentos deben ser diseñados, construidos y mantenidos con la finalidad de lograr un comportamiento funcional y estructural óptimo durante su ciclo de vida. Por comportamiento funcional: se entiende que son todos los aspectos que afectan la calidad de la

carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía (Becerra, 2013).

En cuanto al comportamiento estructural nos referimos a aquellos aspectos relacionados a la integridad como estructura del pavimento, es decir, a la capacidad del pavimento para soportar la acción combinada del tránsito y el medio ambiente (Becerra, 2013).

Una adecuada construcción del pavimento es un parámetro que impacta enormemente en la durabilidad del mismo. Un esquema de mantenimiento debe garantizar lo siguiente:

- Adecuado y oportuno mantenimiento a costo razonable.
- Mantenimiento con programas de largo plazo.
- Optimizar tanto costos como beneficios del sistema.
- Racionalizar el uso de los recursos disponibles.
- Efectuar un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente
- Implementar un control de la efectividad de la política de mantenimiento asumida.

2.2.3 Pavimento flexible

El pavimento flexible se compone principalmente de agregados pétreos y un tipo de ligante asfáltico, el cual consiste en un material cementante de color negro, en estado sólido, semi-sólido o viscoso, constituido por hidrocarburos o bitúmenes. Esta sustancia tiene la función principal de aglutinar o proveer

adhesión a los agregados, de manera que se garantice trabazón en la estructura interna del agregado, impermeabilidad y durabilidad, que corresponde a la resistencia al efecto de la humedad y envejecimiento del ligante. También hay que agregar que la cohesión en la película del ligante que cubre al agregado, va a afectar directamente la resistencia mecánica de la mezcla asfáltica (Coto, 2016).

Este elemento es el principal constituyente del concreto asfáltico, que a su vez es el componente primordial del pavimento flexible, el cual está formado por una carpeta asfáltica seguida de dos capas granulares, las cuales son la base y la sub-base. Todas estas capas están apoyadas a su vez sobre la capa sub-rasante, correspondiente al suelo de la fundación de la estructura (Coto, 2016).

ESTRUCTURACIÓN

- **Sub-base**

La sub base, es una capa que según el diseño puede o no colocarse. Se apoya sobre la subrasante y los requisitos de calidad de los materiales que la conforman son menos rigurosos, la razón de esto es que los esfuerzos verticales que se transmiten a través de las capas de pavimentos son mayores en la superficie y van disminuyendo a medida que se profundizan. La sub base es la capa de material seleccionado, más profunda de la estructura del pavimento, razón por la que los materiales que la conforman cumplen requisitos menos

rigurosos. El módulo elástico de la sub base se evalúa con el módulo resiliente, MR. Una sub base granular con CBR del 40% (CBR mínimo para sub bases granulares, según las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras, MTC) tiene un MR de 17,000 psi (Ordoñez, 2006).

- **Base**

La capa de base, generalmente granular, es una capa que se apoya sobre la sub base. La función de esta capa es transmitir los esfuerzos provenientes del tráfico, a la sub base y subrasante. Los requisitos de calidad de agregados de base son muy rigurosos. Esta capa está conformada por grava chancada, compactada al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado. El módulo elástico de la base se evalúa con el módulo resiliente, MR. Una base granular con CBR del 100% tiene aproximadamente un valor MR de 30,000 psi (2,100 kg/cm²) (Ordoñez, 2006).

- **Carpeta de rodadura**

La carpeta asfáltica o capa de rodamiento proporciona una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color adecuado, que debe resistir los efectos abrasivos provenientes del tránsito y del medio ambiente. La nueva Guía de Diseño empírico-mecanístico AASHTO 2002 recomienda que el módulo elástico de la carpeta se evalúe con el Módulo Complejo Dinámico, E^* , que será detallado en los

siguientes capítulos. Sin embargo, podemos mencionar que la carpeta es una capa muy rígida con valores altos de módulo. El método de diseño AASHTO 1993 considera como parámetro de diseño de la carpeta asfáltico el módulo resiliente, para mezclas asfálticas en caliente estos valores varían de 400,000 a 450,000 psi (28,000 a 32,000 kg/cm²) a 20°C (Ordoñez, 2006).

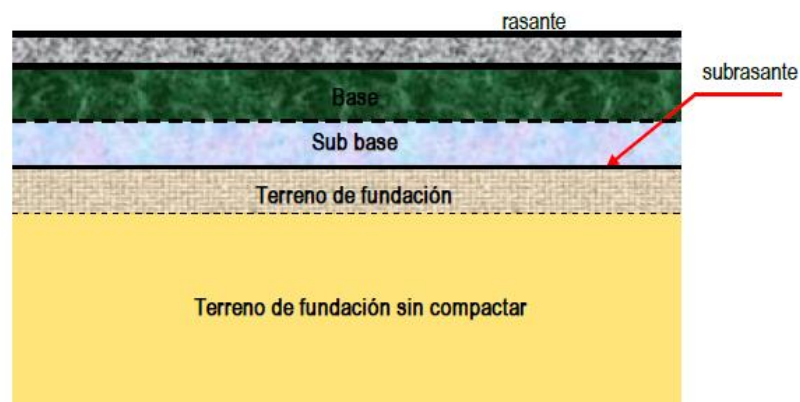


Figura 1. Estructura típica de un pavimento flexible.

2.2.4 Pavimento rígido

El pavimento rígido lleva por carpeta de rodadura el concreto hidráulico que este corresponde a una mezcla de distintos componentes, entre los cuales se encuentran principalmente el cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra) y agua (Calo, 2010).

El pavimento rígido se constituye de una losa de concreto apoyada sobre una capa de un material adecuado y debidamente compactado, generalmente llamada sub-base, o directamente colocada sobre la sub-rasante sin la necesidad de otras capas. La razón por la cual el pavimento de concreto no

necesita de otras capas de apoyo, como si lo requiere el pavimento flexible, se debe principalmente a la alta rigidez del concreto hidráulico, por lo que la distribución se da en un área más amplia. Además, como el concreto puede resistir esfuerzos a tensión, en cierta medida, entonces un pavimento rígido es satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub-rasante, por lo que la capacidad estructural de este pavimento depende de las losas de concreto hidráulico, siendo las demás capas de apoyo innecesarias o de poca influencia en función del espesor de la estructura (Calo, 2010).

ESTRUCTURACIÓN

- **Sub-base**

Su función más importante es la de impedir que el material fino de la sub-rasante emerja o salga a la superficie por medio de las juntas entre las losas de concreto hidráulico, ayudado por la filtración de agua debido a la inexistencia de sellos en las grietas, fenómeno que se conoce como socavación. Otras funciones de la sub-base son suministrar apoyo firme a la losa de concreto hidráulico, facilitar trabajos de pavimentación, mejorar el drenaje e impedir acumulación de agua bajo el pavimento, controlar cambios volumétricos en la sub-rasante, mejorar capacidad de soporte de suelo de la sub-rasante, entre otros. Los tipos más comunes de sub-base son la granular, tratada con cemento y de concreto pobre (Ordoñez, 2006).

- **Carpeta de rodadura**

Está conformada por una losa de concreto la cual debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito y resistir los efectos abrasivos al paso de los vehículos y del ambiente. Debe garantizar impermeabilidad para que no exista paso del agua hacia el interior del pavimento. Además de soportar y transmitir los esfuerzos que se le apliquen (Ordoñez, 2006). Está conformada por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con Módulo de rotura a la flexión (MR) superiores a 42 Kg/cm², o su equivalente a $f'c = 280$ Kg/cm². Aunque las metodologías de diseño podrían evaluar pavimentos de concreto con MR mayores a 50 kg/cm², lo mejor es no superar esta medida ya que las losas se vuelven muy rígidas. Además, los contenidos de cementante utilizados en mezclas de concreto de este tipo traen consigo problemas de contracción y fisuras por contracción plástica que es preferible evita (Becerra, 2013).

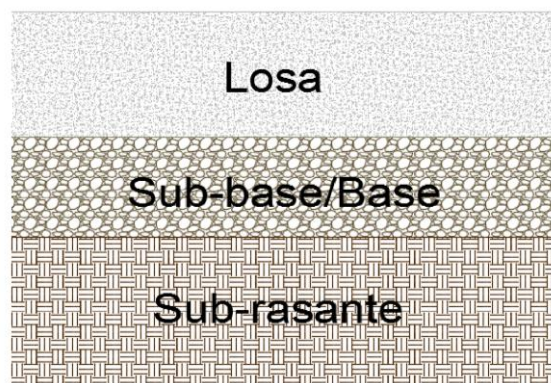


Figura 2. Estructura típica de un pavimento rígido.

2.2.5 Deterioros y fallas en los pavimentos

Toda estructura de pavimento, independientemente del material del que esté constituida, siempre presentara diferentes formas de falla debido a un diseño incorrecto e inadecuado, porque el ciclo de vida de la estructura ya se cumplió o a causa de las condiciones ambientales presentes (Castro, 2016).

DETERIOROS Y FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE

- **Huecos o baches abiertos**

Corresponden a cavidades o depresiones ocasionadas por el desprendimiento de la capa asfáltica y de las capas granulares. Se consideran tres tipos:

- Superficiales: se compromete solo la carpeta asfáltica y su profundidad es menor a 3 cm.
- Medios: se compromete parte o la totalidad de la carpeta asfáltica y su profundidad está entre 3 cm y 10 cm.
- Profundos: su profundidad es superior a los 10 cm, con compromiso de la capa de base.



Figura 3. Bache en pavimento flexible.

- **Fisuras longitudinales y transversales**

Son agrietamientos longitudinales y transversales que se presentan de manera aislada o continua, y no como una malla. Son producidas por deficiencia en las juntas de construcción, por contracción de la mezcla asfáltica o desplazamiento de los bordes. Se consideran tres tipos de fisuras: longitudinales, transversales y en bloque (Castro, 2016).



Figura 4. Fisura en pavimento flexible.

- **Desgaste superficial**

Son las irregularidades que se observan en la superficie, en áreas aisladas o en forma generalizada. Se producen por el desgaste de las partículas superficiales o el desprendimiento de ellas, por la acción del tránsito o del ambiente. El desgaste se clasifica en:

- Ligero: pérdida de textura uniforme, mostrando rugosidad e irregularidades hasta de 5 mm de profundidad.

- Medio: las irregularidades están entre 5 mm y 15 mm de profundidad. Las partículas del agregado están expuestas y se siente vibración al transitar.
- Severo: desintegración superficial de la carpeta asfáltica, con desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la vía.

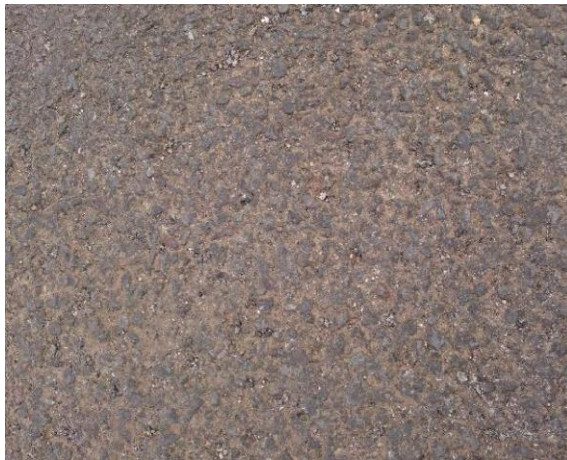


Figura 5. Desgaste superficial en la carpeta asfáltica.

- **Piel de cocodrilo**

Consisten en grietas en forma de malla que, inicialmente, se presenta en cuadrados de 25 cm y 30 cm aproximadamente, y luego se irán deteriorando progresivamente en cuadrados más pequeños, parecido al aspecto de la piel de cocodrilo. Las fisuras formadas se irán ensanchando y profundizándose provocando desprendimientos de fracciones de la capa asfáltica. Se consideran tres tipos de fallas:

- Ligera: los agrietamientos son delgados y el tamaño de los cuadrados tienen dimensiones aproximadas a 25 cm de lado. No hay deformación superficial.

- Media: el tamaño de los cuadrados se disminuye y presentan aristas más redondeadas por la pérdida de partículas. Las grietas entre los bloques son mayores a 1 cm, se producen deformaciones y movimientos relativos de la carpeta y puede existir desprendimiento de algunos bloques.
- Severa: las deformaciones son grandes y se presenta pérdida de material asfáltico, además de que se empieza a ver el material de base.



Figura 6. Piel de cocodrilo en pavimento flexible.

- **Ondulaciones**

Corresponden a deformaciones grades y notorias de la plataforma de la vía, que alteran su perfil longitudinal, a causa de asentamientos en las capas de apoyo de la carpeta o levantamientos de la misma provocados a su vez por carencia de capacidad de soporte. Además de lo anterior, las ondulaciones se pueden deber a un diseño de mezcla

deficiente, a agregados redondeados, a un exceso de ligante asfáltico o presencia de humedad en las capas de soporte.



Figura 7. Ondulaciones en pavimento flexible.

DETERIOROS Y FALLAS EN PAVIMENTO RIGIDO

- **Agrietamiento Transversal**

Consiste en una o varias grietas que se forman en la losa de concreto hidráulico, en sentido perpendicular con respecto al eje del pavimento o a la dirección del tránsito. La aparición de estas fisuras en la estructura puede deberse a que se realizó un aserrado tardío a la hora de crear las juntas en la losa, a la falla por fatiga, es decir, que la estructura no se diseñó en función de las condiciones de exposición y operación debido a un espesor de losa inadecuado o a una separación de juntas excesivas para las propiedades ambientales y de tránsito presentes. Este tipo de falla en la estructura es posible evitarla, realizando una adecuada selección y cálculo de espesores de la losa

de acuerdo a las solicitaciones impuestas, además de realizar un buen diseño de las juntas de separación (Londoño, 2004).



Figura 8. Grieta transversal en el pavimento rígido.

- **Alabeo**

Así como existen las fallas que son debidas a las cargas aplicadas sobre la estructura, también se encuentran las causadas por otros factores distintos a las cargas que se mencionaba anteriormente. La mayoría del tiempo son causadas por cambios en la temperatura y humedad, muy comunes en este tipo de estructuras debido a que están sometidos directamente a las condiciones ambientales. Un ejemplo de esto es la generación de contracciones y expansiones de la losa de concreto ocasionados por los cambios de temperatura, tales como el fenómeno del alabeo, que corresponde a una distorsión en la cual los bordes de la losa se pueden levantar o bajar con respecto a la base o al centro de la misma (Londoño, 2004).

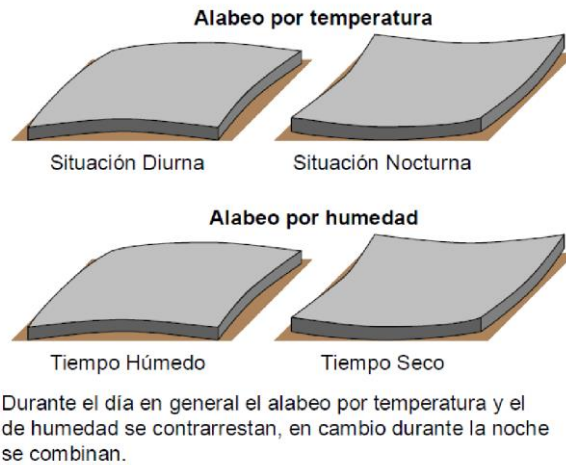


Figura 9. Alabeos en el pavimento rígido.

- **Agrietamiento longitudinal**

Consiste en una o varias grietas que se forman en la losa de concreto, en sentido paralelo con respecto al eje del pavimento o a la dirección del tránsito. Existen varias razones que explican la aparición de estas fisuras, tales como la realización de un aserrado tardío en la creación de las juntas, o como la falla por fatiga, la cual se debe a razones como un espesor de losa insuficiente a causa de un diseño inadecuado de acuerdo a las condiciones de exposición presentes. Este tipo de falla también se puede deber al reflejo de fisuras de las capas inferiores del pavimento o de losas contiguas, además de mencionar la ocurrencia de asentamientos diferenciales del suelo de fundación debido a las malas propiedades del mismo o a la filtración del agua por las juntas produciendo socavación, que hace que el material fino salga a la superficie (Londoño, 2004).

Al realizar un adecuado diseño del pavimento de concreto hidráulico es posible que este tipo de falla no se presente en muchos años; esto garantiza la durabilidad y poco mantenimiento. También, para evitar este agrietamiento, se debe tener en cuenta el control de heterogeneidades del material que constituye la sub-rasante y sub-base (Londoño, 2004).



Figura 10. Agrietamiento longitudinal.

- **Roturas en esquinas**

Consiste en una grieta o fisura que une las juntas transversales y longitudinales. Esta grieta generalmente está con una inclinación de 45° con respecto al eje del pavimento o a la dirección del tránsito. La mayoría del tiempo, cuando este tipo de falla se presenta, es a causa de que la losa tiene una pobre transferencia de carga, o que presenta ángulos agudos en las esquinas de las mismas. Otras causas son debido a asentamientos en el suelo de fundación de la losa o también

a pérdidas de soporte debidas a erosión. Para poder contrarrestar estas fisuras se debe asegurar que entre las losas de concreto hidráulico exista una adecuada transferencia de la carga proveniente del tránsito, así como un correcto diseño de las juntas longitudinales y transversales. Además, se debe de proveer de una sub-base que posea las características adecuadas para que presente resistencia a la erosión bajo tránsito pesado (Londoño, 2004).



Figura 11. Rotura en esquinas en pavimento rígido.

- **Erosión por bombeo**

Corresponde al desgaste de la losa de concreto hidráulico ocasionado por el movimiento del agua ocurrido debajo de la misma, o también se debe a la salida del agua a la superficie por medio de las juntas entre las losas, lo cual es debido a la presión ejercida por las cargas de tránsito aplicadas. La causa de este fenómeno se debe a la disponibilidad o existencia de agua debajo del pavimento o en las

capas inferiores del mismo, también a los suelos cohesivos como limos y arenas finas que se suspendan en el agua y a las deflexiones en bordes y esquinas de las losas. Lo anterior, se puede evitar con la colocación de una sub-base que cuente con propiedades resistentes a la erosión del agua bajo las cargas aplicadas. Otra solución sería con el sello de las juntas con un material apropiado para dicho fin, para evitar el ingreso y la salida del agua y demás elementos (Londoño, 2004).



Figura 12. Erosión por bombeo en pavimento rígido.

- **Levantamiento de las losas o escalonamiento**

Este tipo de falla consiste en el movimiento hacia arriba de las losas de concreto, propiamente localizado en la zona de las juntas entre losas o en las fisuras que se forman, que puede causar desintegración de la estructura. Se pueden originar de la entrada de materiales de consistencias sólidas o líquidas en las juntas, así como

de expansiones de la losa de concreto hidráulico debido a cambios bruscos en la temperatura. También a la realización de un inadecuado diseño de las juntas en las losas de concreto hidráulico. Esta falla se puede contrarrestar realizando el sellado de las grietas y juntas con materiales específicos para tal fin, para prevenir la entrada y salida del agua y demás materiales no deseados. Además de realizar un adecuado diseño de las juntas entre las losas de concreto hidráulico (Londoño, 2004).



Figura 13. Escalonamiento en pavimento rígido.

- **Despostillamientos de juntas**

Consiste en la fragmentación de la losa de concreto, situada en los bordes de las juntas o fisuras, ocasionada principalmente por la debilidad del concreto hidráulico que no fue debidamente compactado o curado. También se dan por la realización de un aserrado temprano o por retiro antes de tiempo de moldes en las juntas de construcción, así como por la entrada de materiales incompresibles en las mismas.

Esto se podría evitar realizando una adecuada construcción del pavimento con los debidos cuidados que conlleva, así como la utilización de materiales de sello específicos para evitar el ingreso de agua (Londoño, 2004).



Figura 14. Despostillamientos de juntas en pavimento rígido.

2.2.6 Ciclo de vida en los pavimentos

Los pavimentos pueden ser flexibles o rígidos dependiendo de la forma en que cada tipo de estructura transmite las cargas hacia el suelo.

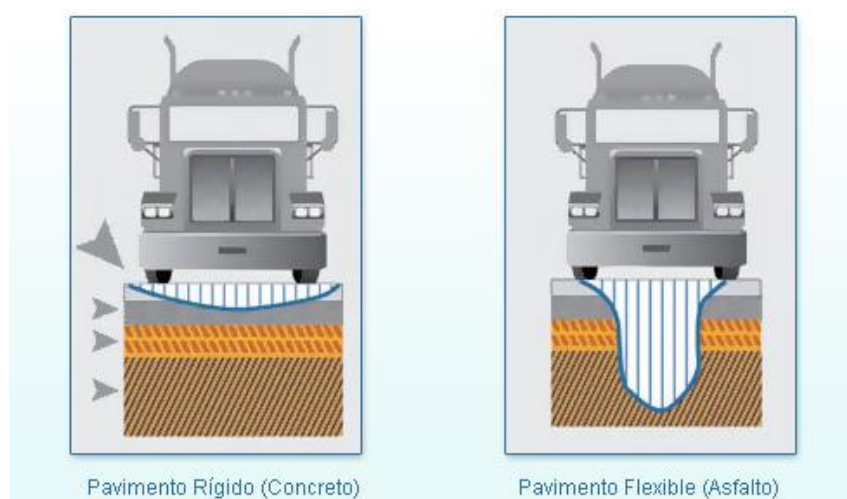


Figura 15. Distribución de esfuerzos en pavimentos

El pavimento luego de su construcción presenta un muy buen estado y satisface con plenitud a los usuarios. Con el paso del tiempo, y de la acción conjunta del tránsito y el clima, empieza un desgaste, lento y poco visible pero constante, donde el pavimento va debilitándose. En esta etapa, que se mantiene por varios años, el pavimento presenta un buen estado hasta que aparecen los primeros indicadores de deterioro.



Gráfico 1. Vida útil de un pavimento

Fuente: Duravia (2016)

Si durante el período en el que el pavimento presenta un estado entre bueno y regular no se realiza ningún tipo de mantenimiento, preventivo o correctivo, se corre el riesgo de que aparezca, en un plazo relativamente breve, una pronunciada aceleración del deterioro y un rápido descenso del nivel de servicio. Esto se debe a que se pasa de fallas de tipo funcional a problemas de tipo estructural, más difíciles y costosas de corregir como la aplicación de refuerzos o rehabilitaciones importantes. Por esta razón es

importante contar con herramientas que permitan predecir la evolución del deterioro del pavimento.

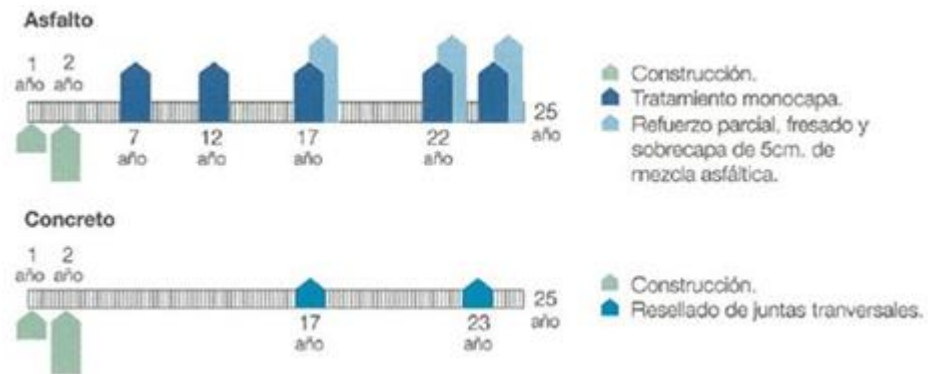


Gráfico 2. Ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto

Fuente: Duravia (2016)

En el esquema se puede observar el ciclo de vida para veinticinco años de un pavimento de asfalto y un pavimento de concreto. Mientras que en el asfalto se tiene que realizar mantenimiento periódico monocapa cada cinco o siete años y un refuerzo parcial de cinco centímetros de mezcla asfáltica a los dieciocho y veintitrés años, para el concreto el mantenimiento es mínimo. El concreto marca la diferencia ya que solo se debe realizar un resellado de juntas entre los quince y veinte años, por lo que se favorece en la evaluación.

2.3 Marco situacional

2.3.1 Datos generales de las carreteras

Según el Índice Global de Competitividad (WEF), la calidad de la Infraestructura del Perú pasó de 2.4 a 3.2, del 2008 al 2015. En CARRETERAS también mejoró, de 2.6 a 3.0 puntos. No obstante, que este indicador se calcula con las carreteras pavimentadas entre la población total -

además de las encuestas de opinión- se evidencia que hay una brecha significativa a pavimentar, de manera significativa en las redes sub nacionales, a cargo de los G. Regionales y Locales.

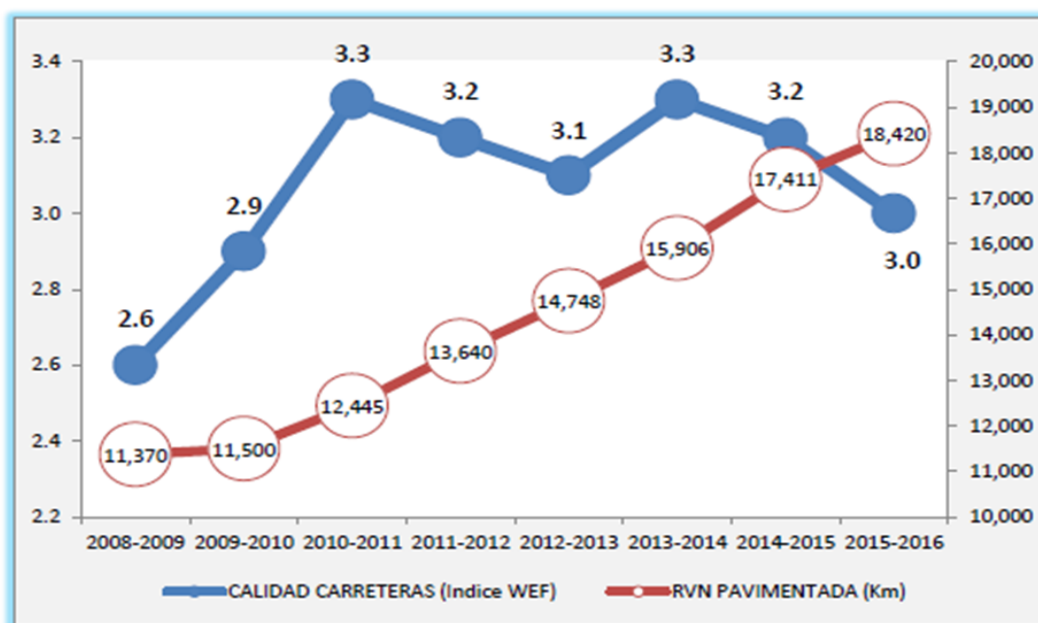


Gráfico 3. Calidad de la infraestructura vial en el Perú.

Fuente: Provias Nacional – MTC

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS - SINAC

RED VIAL SINAC	Pavimentado	%	No Pavimentado	%	Red Vial Existente	%	%
RV NACIONAL ^{1/}	15.085	60,5	9.857	39,5	26.859	14,9	100
RV DEPARTAMENTAL	2.298	9,2	22.678	90,3	29.123	16,1	100
RV VECINAL ^{2/}	1.627	1,7	95.741	98,3	97.903	69,0	100
TOTAL	22.775	13,7	143.339	86,3	155.114	100,0	100

Tabla 1. Sistema Nacional de carreteras

Fuente: Provias Nacional – MTC

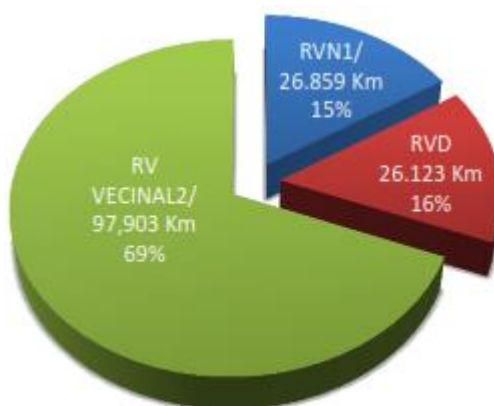


Grafico 4. Sistema Nacional de carreteras.

Fuente: Provias Nacional – MTC

Red vial nacional

La red vial nacional al 31.Julio.2013 dichas rutas alcanzan una longitud total de 25,524.1 Km., debido a los cambios de trayectorias de las rutas y/o correcciones del diseño vial al finalizar las intervenciones.

Asimismo, por la actualización del Clasificador de Rutas al 31.Julio.2016; la red vial nacional se organiza en 133 rutas con una longitud total de 26,859.4 Km conformada por: i.) Red Vial Existente de 24,942.8 Km y ii.) Red Vial Proyectada de 1,916.6 Km.

De la Red Vial Nacional Existente, por el tipo de superficie de rodadura; el 60.5% (15,085.7 Km.) está conformada por carreteras Pavimentadas, de los cuales el 85.2% tiene superficie de asfaltado y el 14.8% de solución básica; las carreteras No Pavimentadas representan el 39.5% (9,857.1 Km.), como se detalla en los siguientes gráficos:

**SITUACIÓN ACTUAL
RED VIAL NACIONAL**

(En Kilómetros)

SITUACIÓN ACTUAL (Por superficie de Rodadura)	RED VIAL NACIONAL	
TOTAL	26,859.4	100%
RED VIAL EXISTENTE :	24,942.8	92.9%
1. PAVIMENTADA	15,085.7	60.5%
Asfaltada	12,860.5	85.2%
Solución Básica	2,225.3	14.8%
2. NO PAVIMENTADA	9,857.1	39.5%
PROYECTADA	1,916.6	7.1%

Tabla 2. Situación actual de la red vial nacional.

Fuente: Provias Nacional – MTC

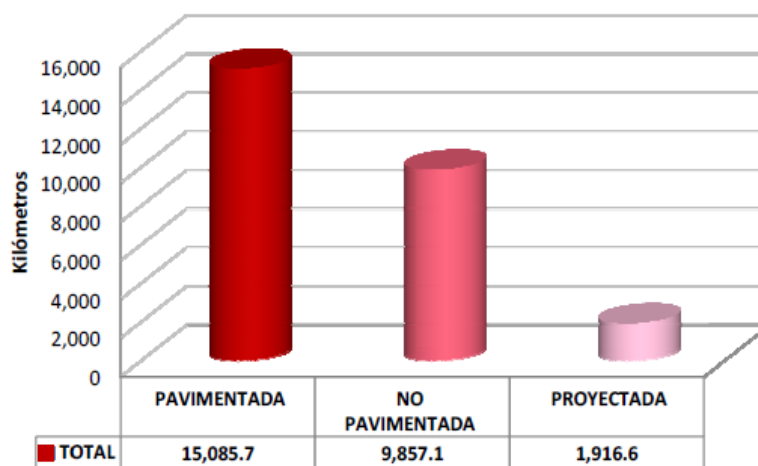


Gráfico 5. Red vial nacional por superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

DEPARTAMENTO	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA				PROYECTADA	TOTAL
	PAVIMENTADA		NO PAVIMENTADA	SUB TOTAL		
	Asfaltada	Solución Básica				
TOTAL	12,860.5	2,225.3	9,857.1	24,942.8	1,916.6	26,859.4
AMAZONAS	314.5	174.5	362.0	851.1	32.5	883.6
ANCASH	877.0	55.4	688.2	1,620.6	72.8	1,693.4
APURÍMAC	428.8	147.5	528.2	1,104.5		1,104.5
AREQUIPA	989.4		446.1	1,435.5	64.7	1,500.2
AYACUCHO	472.2	0.9	1,291.3	1,764.4		1,764.4
CAJAMARCA	731.6	212.2	794.8	1,738.6	11.7	1,750.4
CALLAO	13.1		0.0	13.1		13.1
CUSCO	858.0	253.0	708.3	1,819.4	183.8	2,003.2
HUANCAVELICA	242.2	270.6	914.6	1,427.4	16.7	1,444.1
HUÁNUCO	303.2	250.1	436.6	989.9	192.5	1,182.5
ICA	564.3	7.7	91.2	663.2	46.7	709.8
JUNÍN	674.2	242.9	412.1	1,329.1	89.2	1,418.3
LA LIBERTAD	484.4	40.0	719.6	1,244.0	100.3	1,344.3
LAMBAYEQUE	377.8	67.6	22.2	467.6	90.6	558.3
LIMA	956.4	140.7	521.0	1,618.2	33.3	1,651.5
LORETO	43.1		44.8	87.9	43.4	131.3
MADRE DE DIOS	399.3		0.0	399.3	625.5	1,024.8
MOQUEGUA	475.8		0.0	475.8		475.8
PASCO	162.9	87.3	314.7	564.9		564.9
PIURA	936.5		437.7	1,374.2	21.9	1,396.1
PUNO	1,218.2	177.4	621.0	2,016.7	14.1	2,030.8
SAN MARTÍN	528.0	88.7	231.4	848.1	126.6	974.6
TACNA	459.0		177.9	637.0		637.0
TUMBES	138.1		0.0	138.1	8.8	146.9
UCAYALI	212.3	8.8	93.3	314.4	141.4	455.8

Tabla 3. Superficie de rodadura de la red vial nacional por departamentos.

Fuente: Provias Nacional – MTC

Red vial departamental o regional

La red vial departamental, según el Clasificador de Rutas del SINAC aprobado por D.S 036- 2011-MTC considerando las clasificaciones y reclasificaciones definitivas, se organiza en 393 rutas al 31.Jul.2013, con una longitud total de 29,123.6 Km, conformada por: i) Red Vial Existente de 24,977.4 Km y ii) Red Vial Proyectada de 4,146.3 Km. De la Red Vial

Departamental Existente, según el tipo de superficie de rodadura el 9.2% (2,298.9 Km.) son carreteras Pavimentadas y el 90.8% (22,678.4 Km.) son carreteras No Pavimentadas. Respecto a la Red Vial Departamental No Pavimentada, se tiene que 14,597.9 Km (64.4%) son Afirmadas y 8,080.6 Km (35.6%) son vías No Afirmadas.

RED VIAL DEPARTAMENTAL 1/
(En Kilómetros)

SITUACIÓN ACTUAL (Por superficie de Rodadura)	RED VIAL DEPARTAMENTAL	
TOTAL	29,123.6	100%
RED VIAL EXISTENTE :	24,977.4	85.8%
PAVIMENTADA	2,298.9	9.2%
NO PAVIMENTADA	22,678.4	90.8%
Afirmada	14,597.9	64.4%
No Afirmada 2/	8,080.6	35.6%
PROYECTADA	4,146.3	14.2%

Tabla 4. Situación actual de la red vial departamental.

Fuente: Provias Nacional – MTC

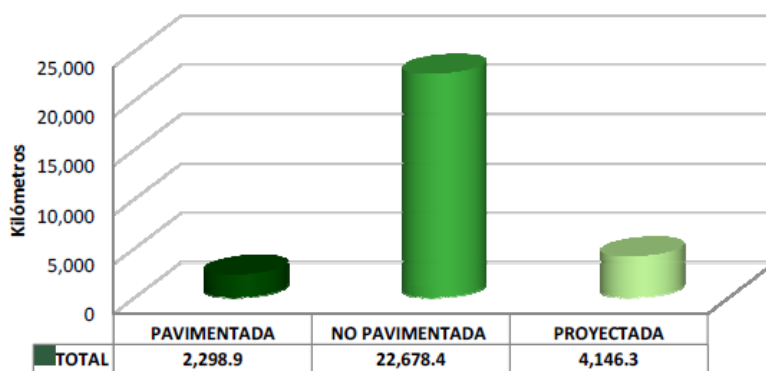


Gráfico 6. Red vial departamental por superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

DEPARTAMENTO	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA			SUB TOTAL	PROYECTADA	TOTAL
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA	No Afirmada 2/			
TOTAL	2,298.9	14,597.9	8,080.6	24,977.4	4,146.3	29,123.6
AMAZONAS(*)	31.3	18.4	667.3	717.0	43.2	760.2
ANCASH	215.1	1,256.2	9.6	1,480.8	0.0	1,480.8
APURÍMAC	0.0	484.4	841.6	1,326.0	189.3	1,515.3
AREQUIPA(*)	531.2	392.1	820.6	1,744.0	28.6	1,772.6
AYACUCHO	0.0	1,507.7	304.8	1,812.5	120.9	1,933.4
CAJAMARCA(*)	31.8	408.5	415.4	855.7	21.0	876.7
CUSCO	84.2	1,939.8	623.1	2,647.1	390.5	3,037.5
HUANCAVELICA	0.0	612.2	819.7	1,431.8	0.0	1,431.9
HUANUCO(*)	16.0	465.2	230.7	711.8	21.1	733.0
ICA(*)	48.9	229.3	458.6	736.8	36.4	773.2
JUNIÍN	14.6	804.0	76.4	895.0	41.1	936.1
LA LIBERTAD(*)	92.0	1,311.4	352.2	1,755.6	247.0	2,002.5
LAMBAYEQUE(*)	213.8	90.6	338.2	642.5	3.2	645.7
LIMA	158.0	1,451.8	77.1	1,687.0	120.0	1,807.0
LORETO	108.6	133.0	195.1	436.7	1,431.0	1,867.7
MADRE DE DIOS	2.5	150.5	26.6	179.6	634.7	814.3
MOQUEGUA(*)	70.4	806.9	24.6	901.9	0.0	901.9
PASCO(*)	34.4	520.0	53.1	607.6	36.2	643.7
PIURA(*)	244.7	10.7	589.0	844.3	151.3	995.6
PUNO	93.3	1,155.1	426.6	1,675.0	178.1	1,853.0
SAN MARTÍN(*)	151.0	416.1	314.9	882.0	254.8	1,136.8
TACNA(*)	85.0	411.7	6.2	502.9	31.9	534.8
TUMBES(*)	72.3	22.3	192.9	287.5	26.4	313.9
UCAYALI(*)	0.0	0.0	216.4	216.4	139.6	356.0

Tabla 5. Superficie de rodadura de la red vial departamental.

Fuente: Provias Nacional – MTC

Red vial vecinal o rural

La red vial vecinal según el Clasificador de Rutas del SINAC aprobado por D.S 036-2011- MTC, y el primer informe a cargo del GTT, dio cuenta de un total de 6,247 rutas verificadas, sin embargo a partir de las clasificaciones y reclasificaciones al 31.Jul.2013 se tiene 6,240 rutas con una longitud total

de 97,903.9 Km., conformada por i) Red Vial Existente de 95,822.7 Km y la ii) Red Vial Proyectada de 2,081.2 Km. Sobre la Red Vial Vecinal Existente por el tipo de superficie, se tiene que el 9.5% (1,627.1 Km) son carreteras pavimentadas y el 90.5% (94,195.5 Km) son carreteras No Pavimentadas. Sobre la red vial vecinal no pavimentada se tiene que el 21.5% (20,260 Km) son vías Afirmadas y el 78.5% (73,935.5 Km) está en condición de No Afirmada, como se detalla a continuación:

RED VIAL VECINAL 1/

SITUACIÓN ACTUAL (Por superficie de Rodadura)	RED VIAL VECINAL					
	RUTAS REGISTRADAS 2/		RUTAS NO REGISTRADAS 3/		TOTAL	
TOTAL	51,893.0	53.0%	46,010.9	47.0%	97,903.9	100%
RED VIAL EXISTENTE :	50,235.6	96.8%	45,587.1	99.1%	95,822.7	97.9%
PAVIMENTADA	1,349.6	2.7%	277.6	0.6%	1,627.1	9.5%
NO PAVIMENTADA	48,886.0	97.3%	45,309.5	99.4%	94,195.5	90.5%
Afirmada	12,048.7	24.6%	8,211.3	18.1%	20,260.0	21.5%
No Afirmada 4/	36,837.3	75.4%	37,098.2	81.9%	73,935.5	78.5%
PROYECTADA	1,657.4	3.2%	423.8	0.9%	2,081.2	2.1%

Tabla 6. Situación actual de la red vial vecinal.

Fuente: Provias Nacional – MTC

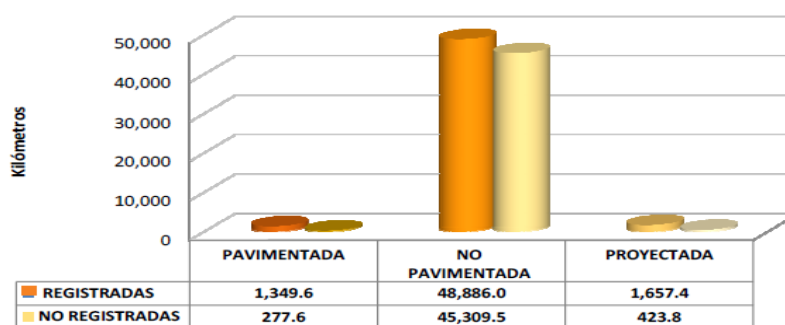


Gráfico 7. Red vial vecinal por superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

DEPARTAMENTO	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA					TOTAL
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA		SUB TOTAL	PROYECTADA	
		Afirmada	No Afirmada			
TOTAL	1,627.1	20,260.0	73,935.5	95,822.7	2,081.2	97,903.9
AMAZONAS	0.0	997.9	746.0	1,743.9	0.0	1,743.9
ANCASH	82.5	1,015.2	5,618.4	6,716.2	70.4	6,786.6
APURÍMAC	5.5	804.4	3,860.8	4,670.7	49.8	4,720.5
AREQUIPA	212.0	701.8	4,755.7	5,669.5	19.5	5,689.0
AYACUCHO	32.5	1,707.1	6,297.3	8,036.9	175.3	8,212.2
CAJAMARCA	16.2	2,733.8	5,383.3	8,133.3	307.2	8,440.5
CUSCO	47.2	2,128.5	6,542.2	8,717.9	183.6	8,901.5
HUANCAVELICA	0.0	735.8	4,099.2	4,835.0	21.7	4,856.7
HUÁNUCO	4.2	1,069.0	2,617.1	3,690.3	209.7	3,900.0
ICA	80.3	130.5	1,791.7	2,002.4	0.0	2,002.4
JUNÍN	231.6	2,199.0	4,851.1	7,281.7	99.0	7,380.7
LA LIBERTAD	164.4	617.6	3,640.9	4,422.9	0.0	4,422.9
LAMBAYEQUE	27.6	338.8	1,694.8	2,061.2	0.0	2,061.2
LIMA	180.5	511.2	3,549.1	4,240.8	0.0	4,240.8
LORETO	19.1	50.3	367.5	436.9	295.0	731.8
MADRE DE DIOS	5.1	436.4	974.5	1,416.0	19.4	1,435.4
MOQUEGUA	98.2	313.8	820.0	1,232.0	0.0	1,232.0
PASCO	0.0	608.8	1,520.5	2,129.3	0.0	2,129.3
PIURA	187.9	475.2	4,253.4	4,916.4	179.3	5,095.8
PUNO	46.4	894.1	6,244.8	7,185.3	402.9	7,588.2
SAN MARTÍN	14.8	1,408.4	1,576.4	2,999.7	46.2	3,045.9
TACNA	151.6	302.9	931.5	1,386.0	0.0	1,386.0
TUMBES	9.3	63.1	453.6	526.0	0.0	526.0
UCAYALI	10.3	16.7	1,345.4	1,372.4	2.2	1,374.7

Tabla 7. Superficie de rodadura de la red vial vecinal por departamentos.

Fuente: Provias Nacional – MTC

Con la información anterior acerca de las carreteras en el Perú y la superficie de rodadura, podemos llegar a concluir que la mayor parte de nuestras carreteras asfaltadas pertenecen a la red vial nacional, mientras que la red vial departamental en su mayoría se encuentra afirmada 58.7 % y la red vial vecinal en su mayoría se encuentra sin afirmar 77.2%.

RED VIAL DE SINAC	CARRETERAS POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA (KM)								TOTAL
	PAVIMENTADA				NO PAVIMENTADA				
	ASFALTO	%	SOLUCIÓN BASICA	%	AFIRMADO	%	SIN AFIRMAR	%	
TOTAL	16,856.5	11.0%	3,723.8	2.4%	45,977.4	29.9%	87,106.6	56.7%	153,664.4
NACIONAL	13,848.7	51.6%	2,389.8	8.9%	8,292.7	30.9%	2,285.0	8.5%	26,816.2
DEPARTAMENTAL	2,010.4	6.9%	669.0	2.3%	16,984.8	58.7%	9,288.2	32.1%	28,952.5
VECINAL	997.5	1.0%	665.0	0.7%	20,699.9	21.1%	75,533.4	77.2%	97,895.7

Tabla 8. Tabla de carreteras por tipo de superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

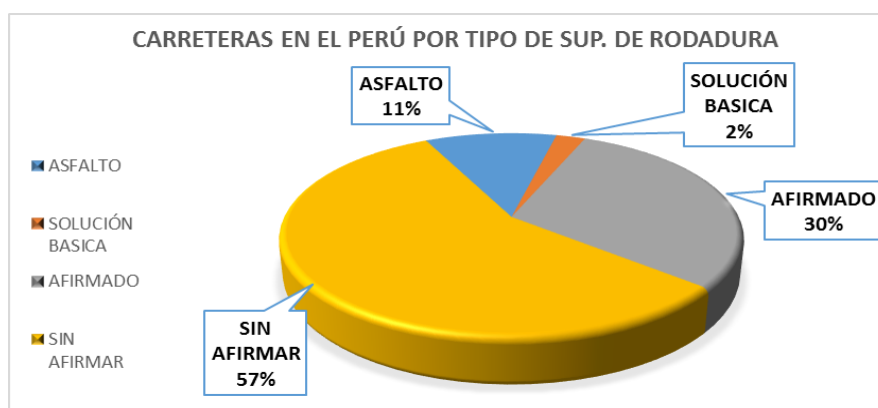


Gráfico 8. Carreteras por tipo de superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

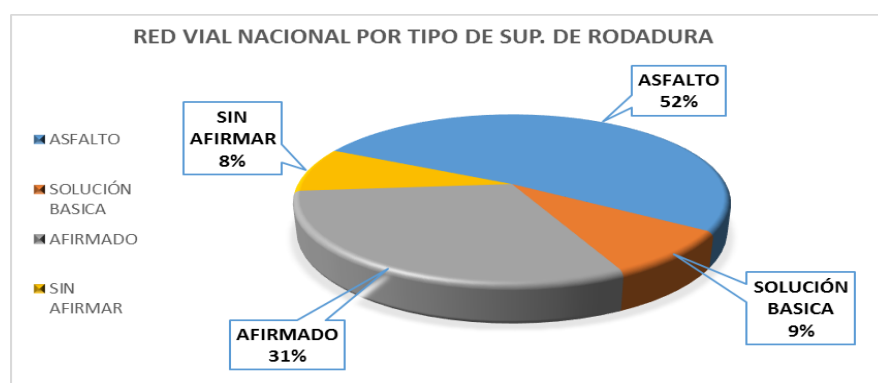


Gráfico 9. Red vial nacional por tipo de superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

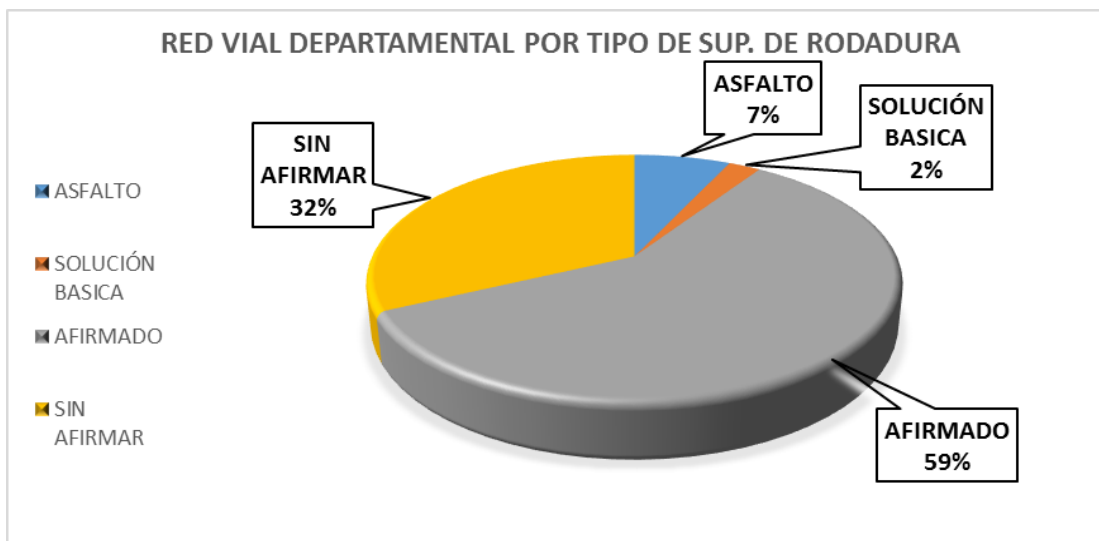


Grafico 10. Red vial departamental por tipo de superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

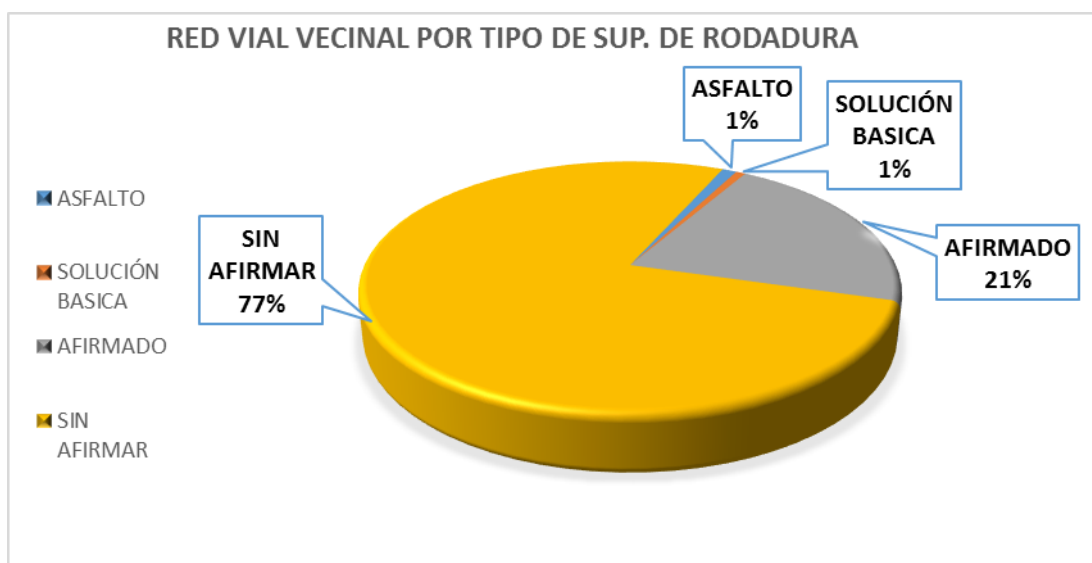


Grafico 11. Red vial vecinal por tipo de superficie de rodadura.

Fuente: Provias Nacional – MTC

Con la información anteriormente mencionada acerca de la situación de la superficie de rodadura en las carreteras del Perú se puede notar que el

pavimento regido no tiene presencia en nuestras carreteras, aunque si han sido considerados en vías urbanas y entre otros proyectos que se excluyen de la red vial nacional. Esto es debido a ciertas limitaciones, paradigmas y entre otras cosas que ya han sido mencionadas en los antecedentes de la presente investigación.

2.3.2 Evolución de los pavimentos de concreto en el mundo

Los métodos racionales de diseño se iniciaron a concebir después de los primeros intentos por construir pavimentos de concreto. Estas teorías, se formularon asumiendo que existe un pleno contacto entre sub-base y la carpeta de rodadura de concreto. Gold Beck, en 1919 desarrolló una ecuación simple para el diseño de pavimentos rígidos asumiendo que el pavimento se comportaba como una viga en voladizo con una carga concentrada en la esquina. Esta premisa fue la utilizada en el “Bates Road Test” (Leiva, 2016).

Westergaard, en 1926 plantea la primera teoría relacionada al comportamiento estructural de los pavimentos de concreto, como consecuencia de lo expresado por Hertz respecto a los esfuerzos en losas suspendidas. Sin duda es el estudio teórico más extenso relacionado al cálculo de esfuerzos y deflexiones en los pavimentos de concreto, que inicia en 1926 y termina en 1948. Los estudios consideraron las temperaturas en la losa, así como tres posiciones de carga en una losa alargada:

- Aplicada cerca de la esquina.

- Aplicada cerca de la junta, pero a una distancia considerable de la esquina.
- Aplicada en el interior del paño, a una distancia considerable de toda junta y esquina.

El análisis asume de manera simplificada que la presión de reacción entre las subrasante y la carpeta de rodadura en cualquier punto, es proporcional a la deflexión en ese punto, independientemente de las deflexiones en otros puntos. Este tipo de cimentación se denomina líquido denso. Obviamente, también asumió que el contacto entre la subrasante y la carpeta de rodadura se da a plenitud (Leiva, 2016).

Pickett, comparó la carga crítica en la esquina obtenida en los estudios de Westergaard con mediciones realizadas en el campo. El encontró que las estimaciones realizadas en las aproximaciones teóricas del esfuerzo cuando se tenía la carga crítica aplicada en la esquina de la losa eran siempre muy pequeñas, asumiendo que parte de ésta no estaba totalmente apoyada sobre el suelo. Desarrolló fórmulas semiempíricas que concordaban con los resultados de los experimentos en campo. Debido al hecho de que la subrasante se comporta más como un sólido elástico que como un líquido denso, en 1951, Pickett desarrolló soluciones teóricas que debido a su complejidad matemática no recibieron la atención que ameritaba (Leiva, 2016).

Entre los años 1958 y 1960 en Illinois, Ottawa, se llevó a cabo el “AASHO Road Test” cuya traducción literal al español sería “Experimento de Carreteras de la AASHTO” el cual fue un experimento realizado por la “American Association of State Highway and Transportation Officials” para determinar cómo el tráfico contribuye al deterioro del pavimento de las carreteras. Dicho experimento, arrojó la ecuación empírica fundamental que guiaría las metodologías de diseño AASHTO hasta el suplemento de 1998. Nótese que esta metodología se basa en el concepto de pérdida de servicio de la vía por el paso de los vehículos y el tiempo. La ecuación se presenta a continuación:

$$\text{Log } (W) = \text{Log } (\rho) + G / \beta$$

En donde:

W = Número de aplicaciones de carga hasta llegar a una serviciabilidad final.

G = Función de la pérdida de serviciabilidad prevista con respecto a la serviciabilidad total posible.

ρ y β = son funciones de la magnitud de carga y del tipo de eje que definen la forma de la curva de serviciabilidad.

Con el ingreso de los procesadores se realizaron soluciones numéricas que asumen que no existe pleno contacto entre la subrasante y la carpeta de rodadura, como son los métodos de los elementos discretos y el de los elementos finitos (Leiva, 2016).

Aunque los estudios de Westergaard contribuyeron en gran medida al desarrollo de los métodos de diseño, no dejó de reconocer que los resultados teóricos del comportamiento del pavimento, debían ser revisados comparándolos con resultados en campo. Otros desarrollos importantes que se dieron en paralelo fueron:

- La concepción de las propiedades de fatiga del concreto.
- Los conceptos de bombeo: con los que se demostró que la subrasante debía ser protegida. Debido a estos ensayos, se decidió introducir capas granulares que protejan la pérdida de finos en la subrasante.
- Los métodos probabilísticas: dieron origen al término de confiabilidad ampliamente utilizado en los métodos de diseño AASHTO 1986, 1993, el suplemento 1998, la guía de diseño empírica mecanicista MEPDG 2002 (*"The Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide"*) dónde se individualizaron las confiabilidades, y la MEPDG 2010 próxima a ser aprobada.

2.3.3 El pavimento regido en el Perú

En el Perú, la evolución técnica del pavimento de concreto tiene dos frentes. Uno de ellos, es el de la evolución del concreto como material de construcción y el otro, es el de la evolución en el diseño y construcción de pavimentos. Por supuesto, toda evolución tecnológica está ligada a periodos de bonanza económica. En el Perú existen dos obras emblemáticas respecto

a su comportamiento y su ciclo de vida: la avenida Venezuela y la avenida Vía Expresa. Asimismo (Becerra, 2013).

Avenida Venezuela (1924)

El primer pavimento de concreto que se construye en el Perú, corresponde a la carretera Lima a Callao, denominada posteriormente como avenida Progreso y luego avenida Venezuela, cuando se incorporó al casco urbano de la capital. La construcción y puesta en servicio de este pavimento se efectuó en el año de 1924, situándola como uno de los primeros pavimentos de concreto en Latinoamérica. Fueron múltiples las razones que llevaron a la construcción de esta arteria. Sin orden de prelación, puede mencionarse no sólo el deplorable estado en que se encontraba el camino de tierra afirmada preexistente, que dificultaba el transporte de las mercaderías que llegaban al puerto, sino el auge comercial que se presenta en la primera posguerra, así como la legislación adecuada que permitía la expropiación de terrenos a 100 metros de cada lado de la ruta, facilitando proyectos de urbanización, y el endeudamiento externo aplicado a este tipo de obras, entre otros (Becerra, 2013).

La avenida se iniciaba en Lima, a la altura de la avenida Alfonso Ugarte y tenía como término el edificio de la aduana del Callao, luego de atravesar la localidad de Bellavista y la ciudad portuaria. Su longitud total era de 12.2 km. y el costo de la obra fue de 1`300,000 soles de la época. La sección del pavimento tenía un ancho de 8 metros y el espesor de la losa era de 22

centímetros en los bordes y 18 centímetros en la zona central. Además se colocaron dos fierros longitudinales de 1 pulgada en los bordes del pavimento, debido a los trabajos desarrollados hasta ese momento por Westergaard. La construcción la efectuó la empresa americana "Foundation Co" que tenía a su cargo diversas obras en Lima y Callao, empleando personal nacional (Becerra, 2013).

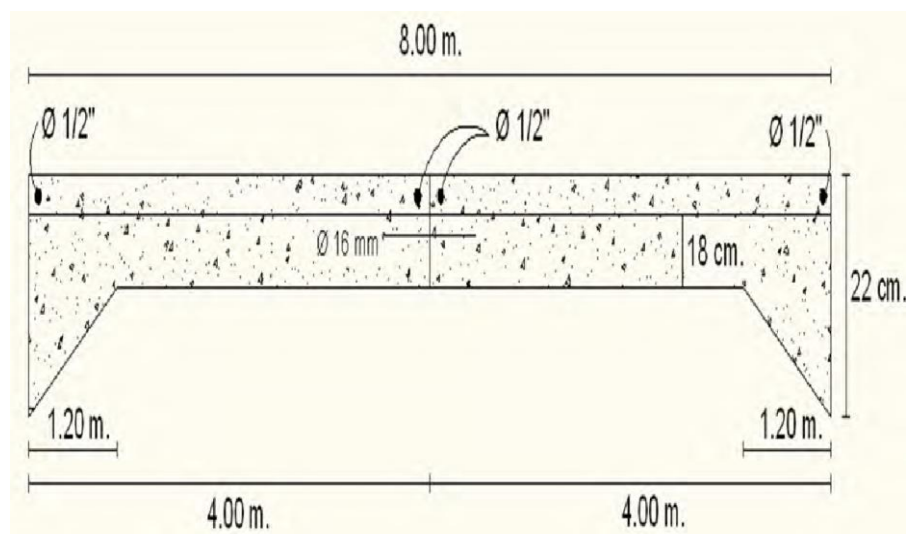


Figura 16. Sección del pavimento en la Avenida Venezuela 1924.

Avenida vía expresa (1966)

La construcción de la denominada Vía Expresa se inició en 1966 y culminó el 28 diciembre de 1968. Esta obra destinada a unir Lima con los balnearios del sur, se iniciaba en la Plaza Grau y tenía como término la avenida Panamá en Barranco. El propietario de la obra fue el Consejo Provincial de Lima y la ejecución fue dividida en varios tramos, a cargo de las siguientes empresas contratistas:

- Consorcio de Ingenieros: Graña y Montero; Flores y Costa, Cilloniz Olazábal Urteaga.
- Eduardo Winkelried B.; José Murgia y Carlos Illauri.
- Robles y Cía. S.A.
- Kruger Ingenieros.

Entre las características del pavimento y especificaciones técnicas correspondiente tenemos:

- Subrasante y sub-base: terraplén compuesto por grava arenosa. Pavimento: losa de concreto de cemento Pórtland de 19 cm. de espesor, con ensanche en los bordes hasta un total de 24 cm.
- El concreto fue entregado por la empresa de concreto premezclado COPRESA, con una resistencia de 210 kg / cm².
- Las juntas transversales de contracción fueron aserradas.

Los tramos a cargo de Robles Cía. S.A. y del Consorcio de Ingeniero fueron construidos por trenes de pavimentación de las empresas Robles y Cía y Graña y Montero S.A. Los procedimientos seguidos para la construcción de los pavimentos de la Vía Expresa y de las vías locales, fue el más moderno de la época: tren de pavimentación autopropulsado, el cual compactaba, distribuía y alisaba la superficie del concreto (Becerra, 2013).

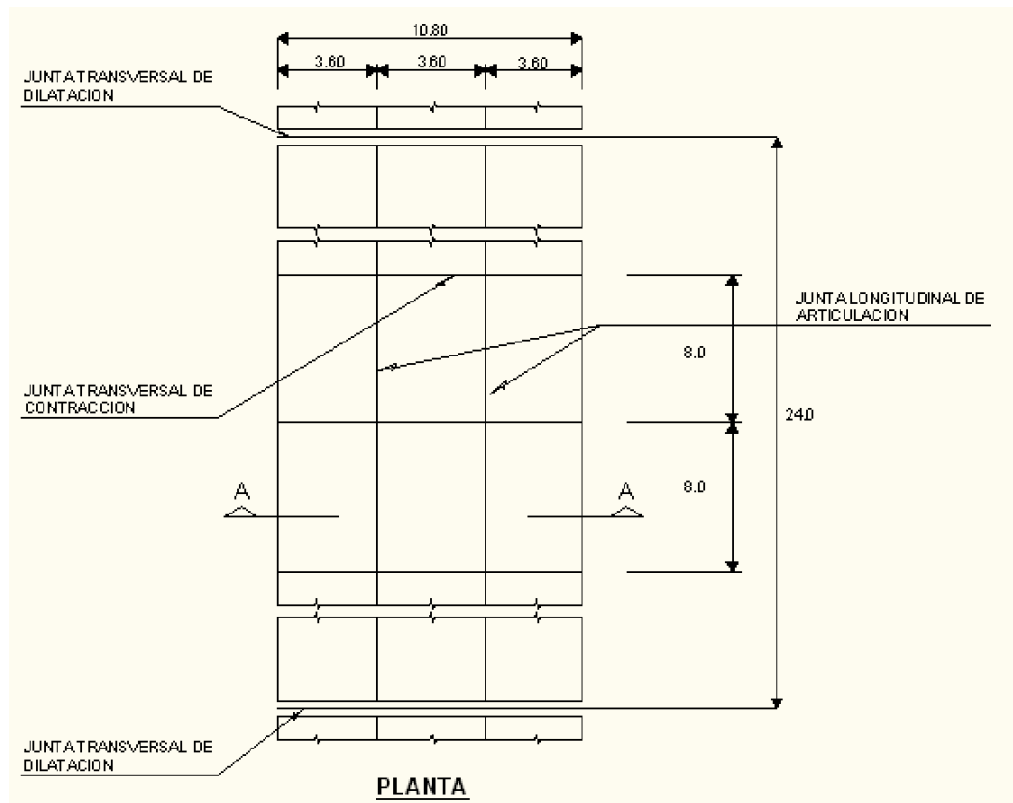


Figura 17. Disposición de juntas Vía Expresa 1966.

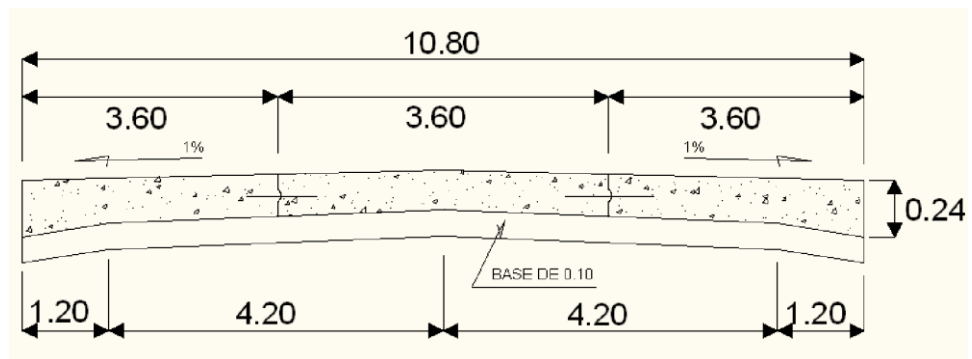


Figura 18. Sección del pavimento en la Vía expresa 1966.

2.4 Definiciones de términos básicos

ABRASIÓN: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrózales.

AGREGADO: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AHUELLAMIENTO: Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO: Metodología de evaluación de un Proyecto de Inversión Pública (PIP) que consiste en identificar, cuantificar y valorar monetariamente los costos y beneficios generados por el PIP durante su vida útil, con el objeto de emitir un juicio sobre la conveniencia de su ejecución en lugar de otra alternativa.

ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD: Metodología de evaluación de un Proyecto de Inversión Pública que consiste en comparar las intervenciones

que producen similares beneficios esperados con el objeto de seleccionar la de menor costo dentro de los límites de una línea de corte. Se aplica en los casos en los que no es posible efectuar una cuantificación adecuada de los beneficios en términos monetarios.

ASERRADO TARDIO: Es la acción de aserrar las juntas del pavimento rígido después del momento indicado, es decir tardíamente.

ASERRAR: Es el procedimiento de cortar el concreto del pavimento rígido para formar juntas, este procedimiento debe comenzar tan pronto el hormigón haya endurecido suficiente para permitir el aserrado sin desmoronamiento excesivo.

ASFALTO: Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

BERMA: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

BITUMEN: Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas.

BOMBEO: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

CAMINO: Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

CARRETERA: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CARRIL: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

CEMENTO ASFÁLTICO: Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

CEMENTO PORTLAND: Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

COMPACTACIÓN: Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Pórtland.

CONCRETO: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

CONSERVACIÓN VIAL: Ver MANTENIMIENTO VIAL.

CONTROL DE CALIDAD: Pruebas técnicas para comprobar la correcta ejecución de las diferentes etapas o fases de un trabajo con relación a las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos.

CUNETAS: Canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

DENSIDAD EN EL SITIO: Procedimiento para determinar el peso unitario de los suelos en el terreno.

DURABILIDAD: Propiedad de un material o mezcla para resistir desintegración por efectos mecánicos, ambientales o de tráfico.

EJE DE LA CARRETERA: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

ELASTICIDAD: Propiedad de un material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa.

EROSIÓN: Desgaste producido por el agua en la superficie de rodadura o en otros elementos de la carretera.

ESTABILIDAD: Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material.

EXPLANACIÓN: Movimiento de tierra para obtener la plataforma de la carretera (calzada o superficie de rodadura, bermas y cunetas).

FALLA POR FATIGA: Se produce cuando se aplica esfuerzos cíclicos de carga y descarga en un elemento, hasta llegar a la rotura o deformación excesiva.

FATIGA: Reducción gradual de la resistencia de un material debido a sollicitaciones repetidas.

FLEXIBILIDAD: Propiedad de un pavimento asfáltico para ajustarse a asentamientos en la fundación. Generalmente, un alto contenido de asfalto mejora la flexibilidad de una mezcla.

IMPRIMACIÓN: Aplicación de un material bituminoso, de baja viscosidad, para recubrir y aglutinar las partículas minerales, previamente a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

IRI: Sigla que corresponde al Índice de Rugosidad Internacional.

JUNTA: Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

LIGANTE ASFALTICO: Es aquel componente de los pavimentos flexibles que proporciona una íntima ligazón entre los áridos capaz de resistir la acción mecánica de las cargas de los vehículos.

MANTENIMIENTO PERIÓDICO: Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

MANTENIMIENTO RUTINARIO: Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

MANTENIMIENTO VIAL: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura

vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

MEJORAMIENTO: Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

METRADO: Cuantificación detallada por partidas de las actividades por ejecutar o ejecutadas en una obra.

MODLO RESILIENTE: Es una medida de la rigidez del suelo de fundación, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

PAVIMENTO ANTIDERRAPANTE: Es aquel pavimento que presenta una superficie la cual tiene como característica no deslizar o resbalar al transitar por esta.

PERFIL LONGITUDINAL: Trazado del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias que determina las pendientes de la carretera.

PERALTE: Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

PLATAFORMA: Superficie superior de una carretera, incluye calzada, bermas y cunetas.

RASANTE: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

REHABILITACIÓN: Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.

RUGOSIDAD (PAVIMENTO): Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

SUBRASANTE: Es el terreno conformado por suelo, roca o mezclas ambos, en corte o relleno, cuya porción superior nivelada, perfilada y compactada, sirve de soporte al pavimento.

SECCIÓN TRANSVERSAL: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

TRABAZÓN: Unión entre elementos que conforman un determinado cuerpo, se relaciona con cohesión cuando se habla de suelos.

TRÁNSITO: Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía.

TROCHA CARROZABLE: Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

La alternativa de pavimentación rígida resulta ser más favorable en el ciclo de vida de las carreteras en la región Huánuco mediante la metodología AASHTO 93.

2.5.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica N° 1

Las características técnicas en el diseño y construcción de las alternativas de pavimentación flexible y rígida presentan ciertas diferencias mediante la metodología AASHTO 93.

Hipótesis específica N° 2

Los paquetes de pavimentos equivalentes en ambas alternativas de pavimentación, presentan diferentes espesores de capas mediante la metodología AASHTO 93.

Hipótesis específica N° 3

Al realizar los análisis de costo de cada pavimento equivalente en ambas alternativas de pavimentación, presentan diferencias significativas mediante la metodología AASHTO 93.

Hipótesis específica N° 4

Al comparar los costos de ambas alternativas de pavimentación considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, la

alternativa de pavimentación rígida resulta ser la más favorable mediante la metodología AASHTO 93.

2.6 Variables

2.6.1 Variables independientes

X1: Pavimento flexible.

X2: Pavimento rígido.

2.6.2 Variable dependiente

Y1: Ciclo de vida del pavimento.

2.7 Dimensiones e indicadores

CBR del suelo de fundación.

Número de vehículos por día.

Distribución vehicular.

Numero de ejes equivalentes.

Espesores de las capas del pavimento.

Dimensiones de la sección transversal.

Costo del pavimento por longitud.

2.8 Definición operacional de las variables, dimensiones e indicadores

VARIABLES		INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	
<ul style="list-style-type: none"> - X1: Pavimento rígido. - X2: Pavimento flexible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo de vida del pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • CBR del suelo de fundación. • Número de vehículos por día. • Distribución vehicular. • Numero de ejes equivalentes. • Espesores de las capas del pavimento. • Dimensiones de la sección transversal. • Costo del pavimento por longitud.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel y tipo de investigación

Siguiendo los tipos de investigaciones citados por Borja (2012), clasificamos nuestra investigación de la siguiente forma:

- De acuerdo al fin que se persigue, es una investigación aplicada, puesto que nos basamos en el sistema de conocimientos descubiertos por la ciencia básica (Método AASHTO 93) para poder resolver el problema planteado, determinando paquetes de pavimentos equivalentes a través de una metodología de diseño utilizando factores como el tráfico y soporte del suelo de fundación.
- De acuerdo a los tipos de datos analizados, corresponde a una investigación mixta, es decir, es cuantitativa debido a que desarrollamos un plan para someter a prueba las hipótesis, realizando análisis de costos para cada paquete de pavimento equivalente, para luego ser analizados por medio de la comparación económica de ambas alternativas y cualitativo debido a que presentando las características técnicas de los pavimentos rígidos y flexibles, en el procedimiento constructivo así sus ventajas y desventajas, basándonos en el método de recolección de dato sin medición numérica: consultando diferentes tipos de documentos, libros y tesis, tanto en medios físicos como digitales.

- De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis, es una investigación no experimental - correlacional, debido a que analizamos la relación entre dos variables con una misma muestra.

3.2 Diseño de la investigación

Se realizara la comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación rígida y flexible lo cual implica el diseño de pavimentos equivalentes en ambas alternativas, exigidos a las mismas condiciones de tránsito y suelo, para su posterior comparación de costos; todo esto para cada uno de los diversos rangos de tránsito y soporte del suelo de fundación que se encuentran en las carreteras de la región Huánuco.

3.2.1 Esquema de la investigación

- Estudiar las características técnicas de ambas alternativas de pavimentación tanto en el diseño como en proceso constructivo.
- Escoger diversos niveles de transito de acuerdo a la clasificación por demanda (IMDA) de carreteras según el MTC y diversos niveles de soporte del suelo de fundación (CBR) de acuerdo a la categoría de subrasantes según el MTC.
- Realizar el diseño de pavimentos equivalentes en ambas alternativas con la metodología AASHTO 93 para cada condición de tráfico y suelo escogida anteriormente.
- Realizar el análisis de costos de cada pavimento y compararlos considerando los costos de construcción inicial y de conservación.

3.2.2 Metodología de la investigación

MATRIZ DE MARCO LOGICO				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	UNIVERSO POBLACIÓN Y MUESTRA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES	UNIVERSO/POBLACIÓN
¿Qué alternativa de pavimentación resulta más favorable en el ciclo de vida de las carreteras en la región Huánuco?	Comparar que alternativa de pavimentación resulta más favorable en el ciclo de vida, de las carreteras en la región Huánuco.	La alternativa de pavimentación rígida resulta más favorable en el ciclo de vida, de las carreteras en la región Huánuco.	VARIABLES INDEPENDIENTES: X1: Pavimento flexible. X2: Pavimento rígido. VARIABLE DEPENDIENTE: Y1: Ciclo de vida del pavimento	Los niveles de tráfico y los tipos de subrasante que se encuentra en las carreteras de la región Huánuco.
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICAS	INDICADORES	MUESTRA
1. ¿Qué características técnicas de diseño y uso presentan las alternativas de pavimentación flexible y rígida, mediante la metodología AASHTO 93?	1. Establecer las características técnicas del procedimiento de diseño y del uso de las alternativas de pavimentación flexible y rígida, mediante la metodología AASHTO 93.	1. Las características técnicas en el diseño y construcción de las alternativas de pavimentación flexible y rígida presentan ciertas diferencias.	• CBR del suelo de fundación. • Número de vehículos por día. • Distribución vehicular.	- Aquellos niveles de tráfico que presentan IMDA de 200 Veh/día, 400 Veh/día, 2000 Veh/día, 4000 Veh/día y 6000 Veh/día
2. ¿Qué paquetes de pavimentos equivalentes en ambas alternativas, se requieren para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación?	2. Realizar el diseño de paquetes estructurales de pavimentos equivalentes en ambas alternativas de pavimentación, para diversos niveles de tráfico y condiciones de soporte del suelo de fundación.	2. Los paquetes de pavimentos equivalentes en ambas alternativas de pavimentación, presentan diferentes espesores de capas.	• Numero de ejes equivalentes. • Espesores de las capas del pavimento.	- Aquellos suelos que presentan subrasantes de : 3%, 6%, 10%, 20% y 30%.
3. ¿Cuál es el costo de cada pavimento equivalente en ambas alternativas, para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación?	3. Realizar el análisis de costos de cada pavimento equivalente en ambas alternativas, para diversos niveles de tráfico y soportes del suelo de fundación.	3. Al realizar los análisis de costo de cada pavimento equivalente en ambas alternativas de pavimentación, presentan diferencias significativas.	• Dimensiones de la sección transversal. • Costo del pavimento por longitud.	
4. ¿Qué alternativa de pavimentación presenta menor costo; considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, para cada condición de tráfico y suelo de fundación anteriormente analizada?	4. Comparar ambas alternativas y determinar cual presenta menor costo; considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, para cada condición de tráfico y suelo de fundación anteriormente analizada.	4. Al comparar los costos de ambas alternativas de pavimentación considerando la construcción inicial y conservación en todo el ciclo de vida, la alternativa de pavimentación rígida resulta ser la más favorable.		

3.3 Universo Población y muestra

3.3.1 Determinación del universo/ población

Por naturaleza de la investigación se tendrá como universo todos los niveles de tráfico y todos los tipos de subrasante que se encuentra en las carreteras de la región Huánuco.

3.3.2 Selección de la muestra

Dentro de los niveles de tráfico tomaremos como muestra las demandas vehiculares de acuerdo a la clasificación de carreteras que nos brinda el Manual de diseño geométrico de carreteras (DG-2018) del MTC, tomando los valores extremos de cada rango de clasificación, las cuales serían IMDA de 200 Veh/día, 400 Veh/día, 2000 Veh/día, 4000 Veh/día y 6000 Veh/día. Dentro de los niveles del soporte del suelo de fundación tomaremos como muestra los tipos de subrasantes que nos brinda el Manual de suelos y pavimentos (MSP-2014) del MTC, tomando los valores extremos de cada rango de clasificación que serían CBR del 3%, 6%, 10%, 20% y 30%.

3.4 Técnica de recolección y tratamiento de datos

3.4.1 Fuentes, técnicas, e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de esta investigación se obtendrá de los manuales de carreteras del MTC y bibliografías relacionadas al tema. En cuanto a los datos para la elaboración de los análisis de costos se recurrirá al Manual de Especificaciones Técnicas para la Construcción de Carreteras – MTC, para los costos de construcción inicial se recurrirá a la Revista Costos

la cual brinda información actualizada mensualmente de los precios de materiales e insumos para la construcción y para los costos de conservación se utilizara información de Provias Nacional en la sección de conservación vial la cual proporciona los costos de conservación que se realizan por año en las vías de acuerdo al tipo de superficie de rodadura.

3.4.2 Procesamiento y presentación de datos.

En la presente investigación se realizara un análisis comparativo de los costos durante el ciclo de vida de estructuras equivalentes de pavimentación flexible y rígida, para para condiciones hipotéticas similares de tránsito y suelo de fundación.

Se ha considerado una carretera de una calzada de dos carriles de 3.6m cada uno. El diseño de los pavimentos equivalentes se realizara utilizando el método empírico AASHTO año 1993 para periodos de veinte años.

A efectos de evaluar los costos de construcción de los pavimentos, éstos deben diseñarse para que cumplan ciertas condiciones de tránsito y suelo que los validen como equivalentes, por ello, se ha establecido un procedimiento de análisis comparativo, considerando rangos de valores de tránsito y tipo de suelo (dentro de una matriz de comparación), manteniendo para este efecto las mismas consideraciones climáticas.

Luego de haber obtenido los paquetes estructurales de pavimentos para cada condición de suelo y tráfico, se procede a realizar los análisis de costos

de construcción inicial de cada paquete equivalente considerando los procedimientos constructivos actualmente usados en el medio y utilizando los precios actualizados de recursos para el ámbito de estudio.

Posteriormente procedemos a realizar la determinación de los costos de conservación de cada paquete de pavimento a lo largo del ciclo de vida, para ello se recurrirá a la información que Provias Nacional proporciona acerca de la conservación vial anual en cada tipo de superficie de rodadura.

Obteniendo y procesando la información anteriormente mencionada, tenemos los costos a lo largo del ciclo de vida para cada uno de los paquetes de pavimentos, lo cual para una mejor visualización se puede plasmar en una matriz de comparación, en la que se puede comparar costos de pavimentos para cada una de las condiciones y para cada alternativa de pavimentación.

Matriz de comparación

Se debe definir la configuración del análisis estableciendo niveles para las variables a partir de las cuales se efectúa la comparación. En este caso, se han considerado cinco niveles de tránsito para el pavimento hipotético y cinco tipos de subrasante con diferentes niveles de soporte (CBR). Esto permite definir una matriz de comparación y análisis la cual se muestra a continuación:

		PAQUETES DE PAVIMENTOS									
Num veh x día	CBR Subras	PAVIMENTO FLEXIBLE					PAVIMENTO RIGIDO				
		3%	6%	10%	20%	30%	3%	6%	10%	20%	30%
200											
400											
2000											
4000											
6000											

Tabla 9. Matriz de comparación de pavimentos equivalentes

Fuente: Elaboración propia

Para los niveles de tránsito se usaron los valores extremos de IMDA de cada tipo de carretera según el MDG-2018-MTC:

- IMDA = 6000 veh/día (Autopista de primera clase).
- IMDA = 4000 veh/día (Autopista de segunda clase).
- IMDA = 2000 veh/día (Carretera de primera clase).
- IMDA = 400 veh/día (Carretera de segunda).
- IMDA = 200 veh/día (Carretera de tercera clase).

Se estima un crecimiento de tránsito de 3% anual y una vida útil de veinte años para ambas alternativas de pavimentación.

Se ha adoptado la distribución por tipo de vehículos de la FHWA que tiene determinada estadísticamente los tipos de vehículos y su incidencia en el tránsito, con lo anterior se determina la cantidad de ejes simples, tándem y trídem correspondientes y así determinar la cantidad de ejes equivalentes en ambas alternativas de pavimentación para poder realizar los diseños.

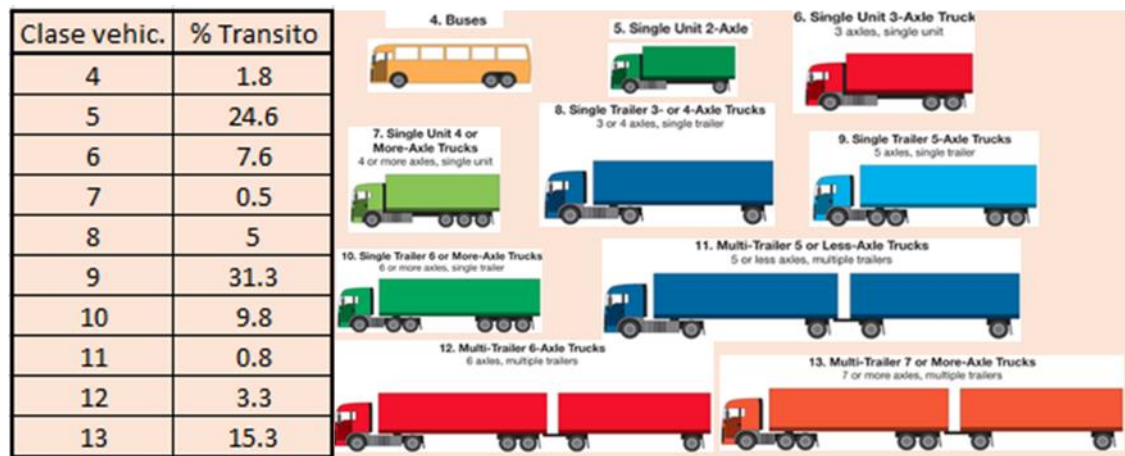


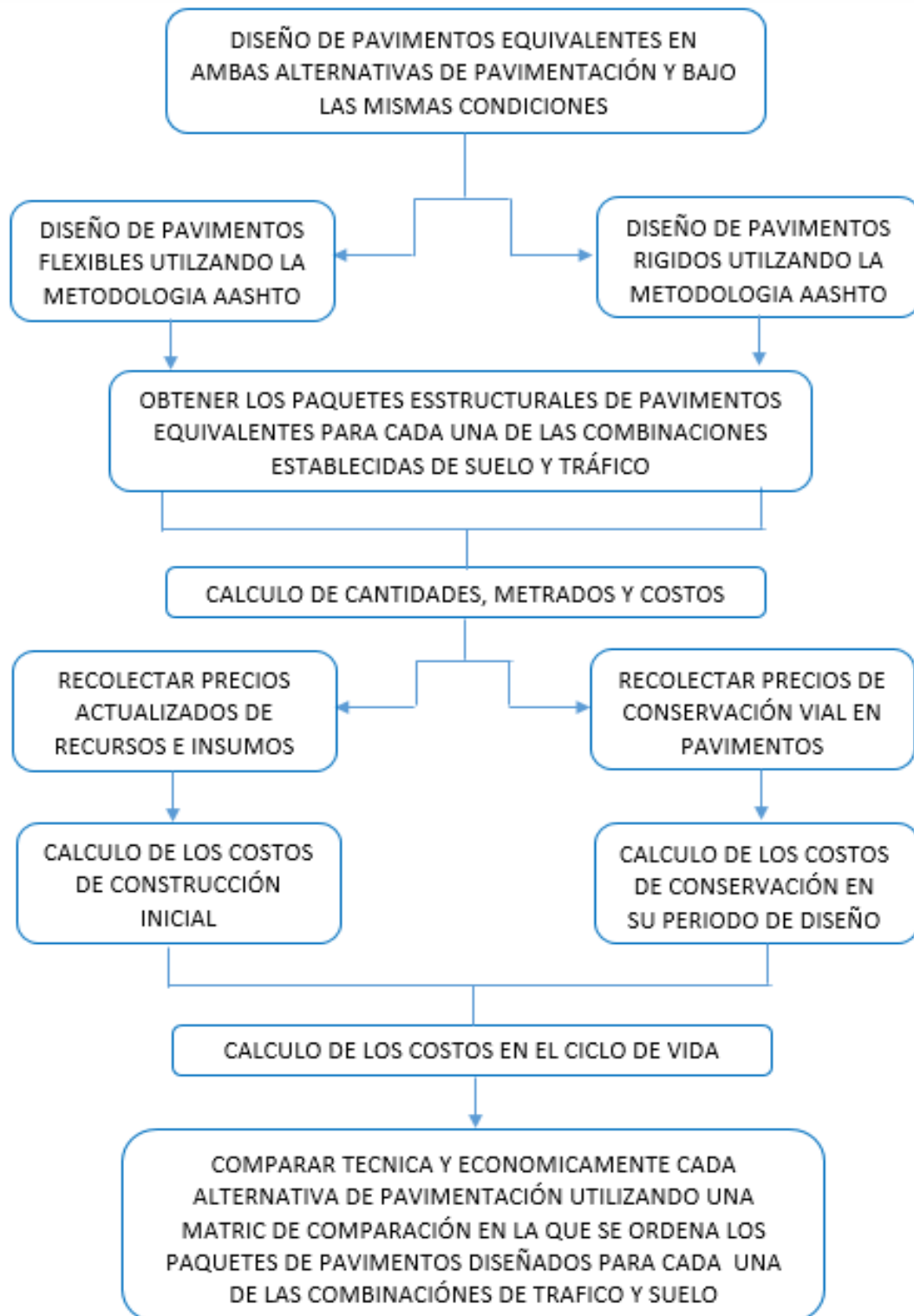
Tabla 10. Distribución de vehículos.

Fuente: Federal Highway Administration

Para los niveles de soporte del suelo de fundación se usaron los valores extremos de CBR de cada tipo de subrasante según el MSP-2014-MTC:

- CBR = 3 % (S1: subrasante insuficiente).
- CBR = 6 % (S2: subrasante regular).
- CBR = 10 % (S3: subrasante buena).
- CBR = 20 % (S4: subrasante muy buena).
- CBR = 30 % (S5: subrasante excelente).

Esquema del procesamiento de datos



CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Características técnicas de los pavimentos flexibles

4.1.1 Diseño de pavimentos flexibles – Método AASHTO 1993

El método AASHTO 1993 es de amplia aceptación para el diseño de pavimentos y fue emitido por la American Association of State Highway and Transportation Officials. La información de pruebas incluida en el desarrollo del método fue recolectada en el ensayo vial AASHO de 1958 a 1960. Este método se clasifica dentro de los procedimientos de diseño basados en ecuaciones de regresión desarrolladas a partir de resultados de tramos de prueba. Sin embargo, este método toma un carácter mecanicístico, al introducir en su procedimiento conceptos como los Módulos de Resilencia y Elásticos de los materiales (Tapia, 2008).

El ensayo vial AASHTO se llevó a cabo en Ottawa, Illinois, a unos 128 kilómetros de Chicago. Tanto el clima como el suelo son típicos de una gran parte de los Estados Unidos. Los ensayos sobre pavimentos se hicieron sobre seis secciones separadas dobles, con pistas de doble vía en forma de dos tramos rectos paralelos con secciones curvas para retorno. El método conserva los algoritmos originales del ensayo vial correspondientes a un grupo reducido de materiales, un solo tipo de subrasante, tránsito homogéneo y el medio ambiente del sitio del ensayo. La siguiente ecuación fue derivada de la información obtenida del ensayo vial AASHTO y corresponde al mejor

ajuste de las observaciones hechas, sin embargo ha sido mejorada con investigaciones en el período 1972 – 1993 (Tapia, 2008).



Figura 19. Autopista de prueba del experimento AASHTO.

Confiabilidad “R”

La confiabilidad de un proceso de diseño, es la probabilidad de que una sección de pavimento, diseñada mediante ese proceso, se desempeñe de forma satisfactoria para las condiciones de tránsito y medio ambiente imperantes durante el período de diseño. El período de diseño corresponde al lapso de tiempo transcurrido en el cual el pavimento se deteriora y pasa de un índice de servicio inicial a uno terminal (Tapia, 2008).

Con el parámetro de Confiabilidad “R”, se intenta llegar a un nivel de certeza en el método de diseño, para con ello, lograr asegurar que las diversas

alternativas de la sección estructural que se obtengan, duren como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada. El método de la AASHTO 1993 recomienda, para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, como se muestra en la siguiente tabla (Tapia, 2008).

Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Tabla 11. Niveles de confiabilidad.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Desviación estándar “So”

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad “R”. Para seleccionar un valor de SO “Desviación Estándar Global”, debe realizarse un análisis de las especificaciones particulares de cada entidad y proyecto para establecer un valor representativo de las condiciones locales particulares, en el que se consideren las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. La desviación estándar total estimada, “S0”, para el caso en que la variación del tránsito futuro proyectado está en consideración (junto con la variación de otras variables asociadas con

los modelos de desempeño) es de 0.45 para pavimentos flexibles. El rango de los valores de S_0 para pavimentos flexibles oscila entre 0.40 y 0.50, el método AASHTO 1993 recomienda usar valores establecidos en la siguiente tabla (Tapia, 2008).

Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_0	S_0 considerando la varianza del tránsito	S_0 SIN considerar la varianza del tránsito
Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

Tabla 12. Valores de desviación estandar.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Índice de serviciabilidad

Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1. Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial p_0 depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de $p_0 = 4,2$ (Tapia, 2008).

El índice de servicio final p_t representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación

mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de $pt \geq 2,5$ y para carreteras de menor tránsito $pt = 2,0$ (Tapia, 2008).

Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Vías principales		2.5		2.5
Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
Condición de falla		1.5		1.5

Tabla 13. Valores de índice de serviciabilidad.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Análisis de tránsito

La información de tránsito requerida para este método corresponde a las cargas por eje, la configuración de los ejes y el número de aplicaciones. Los resultados del ensayo vial AASHTO indican que el daño producido por el paso de un eje de cualquier masa, puede representarse por un número de ejes equivalentes de 18 kips o ESAL. Para calcular los ejes equivalentes acumulados, se deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados (Tapia, 2008).

$$ESAL = TDPA * 365 * f_{Ei} * N_i * G_{jt}$$

Donde:

- ESAL = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.
- IMDA = Índice Mesio Diario Anual.
- fEi = Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i.
- Ni = Número de ejes en cada vehículo de categoría i.
- Gjt = Factor de crecimiento para determinada tasa de crecimiento j.

Los factores de equivalencia permiten convertir varias cargas de ejes en ejes de 18 kips. El factor de equivalencia de carga representa la relación entre el número de repeticiones de cualquier configuración (simple, tandem, trídem) y carga de eje necesarias para producir la misma reducción en el “PSI” que la producida por la aplicación de un eje equivalente de 18 kips (Tapia, 2008).

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8,21n}$)
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 de 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	

Tabla 14. Factores de equivalencias de carga.

Fuente: Manual de suelos y pavimentos MTC.

Coeficiente de drenaje

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje, la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla (UMSS, 2010).

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Tabla 15. Capacidad del drenaje.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

De acuerdo a las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección m_2 (bases) y m_3 (sub-bases granulares sin estabilizar), los cuales están dados en la Tabla IV.7, en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación (UMSS, 2010).

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Tabla 16. Coeficiente de drenaje.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Módulo de resiliencia

La propiedad que caracteriza los materiales en la Guía AASHTO es el Módulo de Resiliencia “MR”. Este es una medida de las propiedades elásticas del suelo que reconoce ciertas características no lineales. La obtención del Módulo de Resiliencia, se obtiene con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Ensayo AASHTO T 274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas (Tapia, 2008).

Actualmente, no todas las entidades cuentan con la capacidad para desarrollar un programa de muestreo y ensayo para determinar el Módulo de Resiliencia, por lo que se han desarrollado correlaciones con los ensayos de CBR o VRS, entre otros. La siguiente ecuación presenta la correlación formulada por Heukelom y Klomp entre el Módulo de Resiliencia y el valor de CBR o Valor Relativo de Soporte “VRS” (Tapia, 2008)

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

Determinación de número estructural “SN”

El método está basado en el cálculo del Número Estructural “SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone de la ecuación siguiente:

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

Donde:

W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's.

Z_R = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R

S_0 = Desviación estándar

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

SN = Número estructural

Determinación de espesores de las capas

La estructura del pavimento flexible está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias. Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño (UNMSS, 2010).

Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta, de la capa base y de la sub-base:

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

Donde:

a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta, base y sub-base respectivamente.

D_1 , D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub-base, respectivamente.

De la misma manera se deberá obtener los coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica (a_1), de la capa base (a_2) y de la sub-base (a_3), utilizando los valores del módulo de resiliencia correspondientes a cada una de ellas. Los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Resiliente, Texas Triaxial, Valor R y CBR (UNMSS, 2010).

4.1.2 Proceso constructivo de pavimentos flexibles

Sub base granular

Teniendo perfilada y compactada la subrasante se procede con los trabajos en la sub base granular que consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares seleccionados, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, que se colocan sobre la superficie de la sub rasante preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Esta partida incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del Proyecto y aprobados por el Supervisor (MTC, 2013). Tiene el siguiente procedimiento:

- **Transporte y colocación del material seleccionado**

El material granular seleccionado para sub base, se transportara y colocara sobre la superficie de la subrasante evitando la segregación. En ningún caso se deberá colocar capas de material para sub-base mayores de 20 cm, ni menores a 10 cm., si se desea colocar un espesor mayor, el Ingeniero residente deberá ordenar al contratista la colocación del espesor total en varias capas. La colocación del material sobre la capa subyacente, se hará en una longitud que no sobrepase 1.500 m de las operaciones de mezcla, conformación y compactación del material de la sub base granular (MTC, 2013).

- **Distribución del material para sub base**

El material de sub-base en estado suelto, será esparcido con un contenido de humedad de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima, en un espesor necesario para que después de ser compactado, tenga el espesor de diseño. El esparcimiento se deberá hacer con una motoniveladora para producir una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, conforme a las secciones transversales mostradas en los planos. Se colocan tacos de nivel en los extremos de la calzada para el control de espesores durante la colocación, esparcimiento y compactación del material de sub-base (Bonett, 2014).



Figura 20. Distribución del material de sub base.

- **Compactación**

Una vez que el material tenga la humedad óptima el procedimiento de compactación de la capa sub-base, se realiza por medio de compactadores mecánicos como rodillos lisos o con otro equipo aprobado para compactación, que produzca los resultados exigidos por las especificaciones técnicas de construcción, en forma tal que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior (MTC, 2013).



Figura 21. Compactación de la sub base.

Base granular

Consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares compuestos por grava o piedra fracturada en forma natural y agregado fino, sobre la sub-base debidamente preparada, en conformidad con los alineamientos, niveles y secciones transversales típicas indicadas en los planos. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Esta partida incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material (MTC, 2013). Tiene el siguiente procedimiento:

- **Transporte y colocación del material triturado**

El material granular de base, se colocara sobre la superficie de la sub base evitando su segregación, iniciando en el sitio que indique el Ingeniero residente. En ningún caso se deberá colocar capas de material mayores de 20 cm., ni menores a 10 cm. Si se desea colocar un espesor mayor de 20 cm, la supervisión deberá ordenar al residente la colocación del espesor total en varias capas (Bonett, 2014).



Figura 22. Transporte y colocación del material de base.

- **Distribución y mezclado del material**

El material será dispuesto en un carril de la vía, de tal forma que permita el tránsito por el otro carril. La base granular se va a construir mediante combinación de varios materiales, de manera que éstos serán dispuestos de igual modo, intercalando dichos materiales según su dosificación, los cuales luego serán mezclados hasta lograr su homogeneidad (MTC, 2013).



Figura 23. Distribución y mezclado del material de base.

- **Compactación**

El procedimiento de compactación de la capa base, se realiza por medio de compactadores mecánicos como: rodillos lisos, rodillos con ruedas neumáticas. La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior (Blonett, 2014).

Imprimación asfáltica

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico de baja viscosidad sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de dar estabilidad superficial, cohesionar las partículas sueltas, de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida. El equipo para la imprimación estará compuesto por camión imprimador, barredoras mecánicas, montados sobre llantas neumáticas; distribuidora de material asfáltico a presión del tipo de autopropulsión (MTC, 2013).



Figura 24. Imprimación asfáltica.

Riego de liga

El riego de liga consta de una aplicación delgada y uniforme de material asfáltico sobre una superficie asfáltica, o de concreto de cemento portland, previa a la colocación de otra capa bituminosa o de imprimación, su función principal es de asegurar la adherencia con la capa siguiente (Blonett, 2014).

Carpeta asfáltica en caliente

Esta partida consistirá en la fabricación y colocación de una capa de superficie de rodadura compuesta de una mezcla compacta de agregado mineral y material asfáltico, construida sobre una base debidamente compactada e imprimada (MTC, 2013). El procedimiento es el siguiente:

- **Elaboración de la mezcla**

La fabricación de la mezcla asfáltica en caliente es un proceso industrial, realizado en plantas productoras de mezcla asfáltica. Estas, son un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos, en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente. La planta de elaboración de la mezcla puede ser continua (prácticamente en desuso), de mezcla en el tambor o discontinua y debe disponer de los dispositivos adecuados para calentar y dosificar los agregados y el cemento asfáltico caliente (Blonett, 2014).



Figura 25. Elaboración de la mezcla asfáltica.

- **Transporte de la mezcla**

Generalmente se emplean camiones del tipo volqueta, los cuales efectúan el vaciado por el extremo posterior de la caja al ser levantada, en la superficie interna de la caja debe impregnarse con un producto que impida la adhesión de la mezcla, pero que no altere sus propiedades de la mezcla asfáltica, durante el transporte, la mezcla se debe proteger con una lona, la cual debe estar bien asegurada para evitar que el aire frío se cuele hacia la carga (Blonett, 2014).

- **Extensión de la mezcla**

La mezcla se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor. El esparcido se hará en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la pavimentadora. Durante el extendido de la mezcla, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena para evitar la segregación. Se utilizará un equipo especial de transferencia de material para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta. (Blonett, 2014).



Figura 26. Extensión de la mezcla asfáltica.

- **Compactación de la mezcla**

La compactación deberá comenzar, una vez esparcida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta temperatura-viscosidad. La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el compactado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Supervisor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que apruebe el

Supervisor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. En la etapa de tramo de prueba se podrá probar, para mezclas tipo superpave, con la siguiente rutina inicial, la cual deberá ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos:

- Compactación inicial: Rodillo tándem vibratorio, entrando a una temperatura entre 145°C y 150°C. Inicialmente se dan dos pasadas con amplitud alta a 50-53,33 Hz (3000 – 3200 VPM) y luego dos pasadas con amplitud baja a 50-56,67 Hz o (3000 – 3400 VPM).
- Zona Tierna: En esta etapa se deberá esperar que la temperatura baje hasta 115°C sin operar ningún equipo sobre la mezcla.
- Compactación intermedia: Rodillo neumático de 20.000 a 22.000 kg de peso, ejerciendo una presión de contacto por llanta entre 520 kPa y 550 kPa, en 2 a 4 pasadas, en un rango de temperatura entre 95°C y 115°C.
- Compactación final: Rodillo tándem vibratorio usado en modo estático, haciendo 3 pasadas en un rango de temperatura entre 85°C y 95°C.



Figura 27. Compactación de la mezcla.

4.2 Características técnicas de los pavimentos rígidos

4.2.1 Diseño de pavimentos rígidos – Método AASHTO 1993

El método AASHTO 1993 para pavimentos rígidos, se basa principalmente en los resultados del ensayo vial AASHO. El procedimiento de diseño permite la determinación del espesor del pavimento y la cantidad de acero de refuerzo, en su caso, así como el diseño de las juntas. Es adecuado para pavimentos de concreto simple, simplemente reforzado y de refuerzo continuo (Tapia, 2008).

Confiabilidad “R” y desviación estándar “So”

El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la “misma forma” presenten comportamientos de deterioro diferentes. La confiabilidad es en cierta manera, un factor de seguridad que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas. El rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre $0.30 < s_0 < 0.40$. Para construcciones de pavimentos de concreto nuevos se puede asumir $s_0 = 0.35$, si las proyecciones de tránsito futuras son precisas; y $s_0 = 0.40$ si la precisión es baja (Becerra, 2013).

Serviciabilidad

AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (ρ_o) e índice de servicio final (ρ_f). En la ecuación 93 se ingresa la variación entre ambos índices ($\Delta \rho$) para el cálculo de espesores. Entre mayor sea $\Delta \rho$, mayor deterioro soportará el pavimento antes de fallar. La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se caracteriza en una escala de 0 a 5; donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente. El valor de 0 es ideal, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento. El valor $\Delta \rho$ depende de la calidad de la construcción. “*En el AASHTO Road Test*” se alcanzaron valores de:

$\rho_o = 4.5$ para el caso de pavimentos de concreto.

Transito

El periodo de diseño está ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese periodo para el carril de diseño. Se recomienda diseñar para 20 años o más. Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 Toneladas de peso, comúnmente llamados ESALs (“*equivalent single axle load*”). El valor de un eje equivalente está relacionado al nivel de daño provocado por esta carga patrón. Por esta razón, para un mismo

nivel de tránsito, los ESALs hallados para el diseño de pavimentos de concreto difieren de los ESALs hallados para el diseño de pavimentos de asfalto. La equivalencia se logra mediante el empleo de factores de carga AASHTO 93, calcula el factor de carga a partir de la estimación del espesor de la losa de concreto a obtener, la carga por eje, y el nivel de serviciabilidad final aceptado. El proceso de convertir un tránsito mixto en un número de ESALs de 8.2 Toneladas fue desarrollado por el “AASHTO Road Test”. Para la prueba se sometieron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas vehiculares, y se analizaron el daño que produjeron. El factor equivalente de carga (LEF), es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 8.2 Toneladas y la producida por un eje estándar en el mismo eje (Becerra, 2013).

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2tn}$)
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 de 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	

Tabla 17. Factores de equivalencias de carga.

Fuente: Manual de suelos y pavimentos MTC.

Módulo de reacción

El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Adicionalmente, se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias, granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc). El ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante es llamado ensayo de placa. El ensayo de placa es lento y por lo tanto costoso por lo que es usual emplear el valor de CBR en su reemplazo, utilizando correlaciones K - CBR para ello. El valor Kc se calcula tomando en consideración las propiedades de la subrasante y el efecto beneficioso de la capa intermedia, granular o tratada, afectadas por las variaciones estacionales durante el año, así como la presencia, también beneficiosa, de base rocosa bajo la subrasante, y el efecto perjudicial de una pérdida de soporte por erosión de las capas inferiores. (Becerra, 2013).

$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2.3}]^{0.5} \times K_0$$

K1 (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción de la sub base granular
KC (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción combinado
K0 (kg/cm ³)	:	Coeficiente de reacción de la subrasante
h	:	Espesor de la subbase granular

Coeficiente de drenaje “Cd”

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño. Las condiciones de drenaje representan

la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo. En general, el nivel de drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de sub-base, tipo de subrasante, condiciones climáticas, y grado de precipitaciones, entre otras. El coeficiente de drenaje o Cd varía entre 0.70 y 1.25. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular (Becerra, 2013).

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. Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, de la existencia o no de berma lateral, de su tipo, y de la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas. El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Los valores de J, dependiendo de si tiene o no pasadores y si tiene o no berma (Becerra, 2013).

Tipo de berma	Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland	
	Sí	No	Sí	No
Dispositivos de transmisión de carga				
Pavimentos con juntas Concreto simple o concreto reforzado	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Pavimento de concreto continuamente reforzado	2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA

Tabla 18. Coeficiente de transferencia de carga.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Determinación del espesor de la losa

El método AASHTO 93 asume que un pavimento recién construido comienza a dar un servicio de alto nivel. A medida que transcurre el tiempo, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe alcanzar al concluir el periodo de diseño. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado. La ecuación AASHTO se presenta a continuación: (Becerra, 2013).

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

Donde:

W82 = N° previsto de EE de 8.2 tn, a lo largo del periodo de diseño

ZR = Desviación normal estándar

SO = Error estándar combinado en la predicción del tránsito

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros

Δ PSI= Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Mr = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transmisión de carga en las juntas

Ec = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = Módulo de reacción

4.2.2 Tipos de pavimentos rígidos

Pavimentos de concreto simple

- Sin pasadores

Este tipo de pavimento no presenta refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. En este caso se utiliza un espaciamiento corto entre las juntas. Para una carretera como por ejemplo una autopista, la cual recibe un flujo vehicular elevado, se generan losas de 6 m por 3,5 m, sin embargo, en casos de uso para aviones se puede alcanzar de 20 cm o superior (Naranjo, 2018).

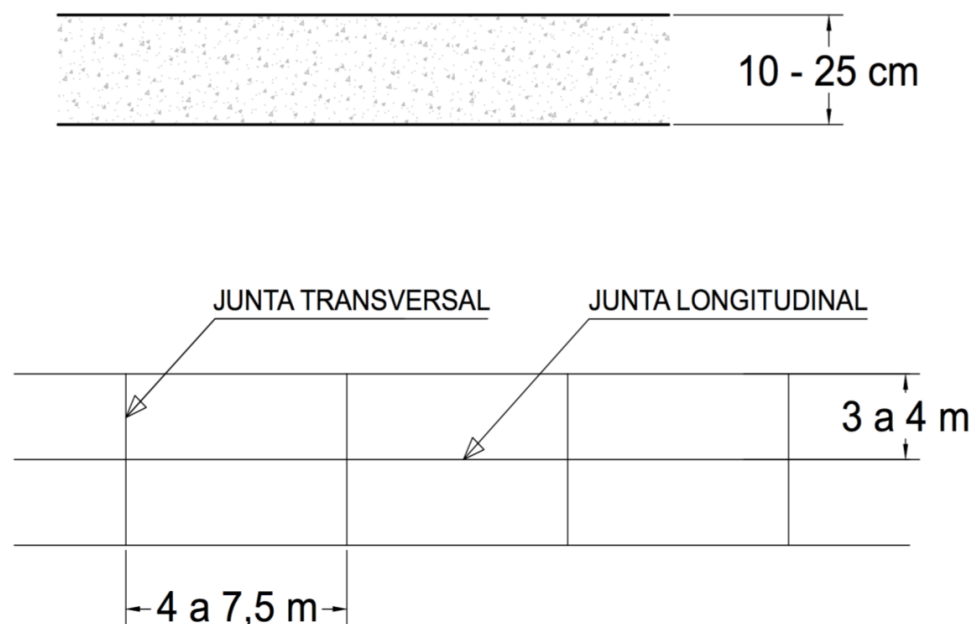


Figura 28. Pavimentos de concreto simple sin pasadores.

- **Con pasadores**

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. Así se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos). Este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más (Naranjo, 2018).

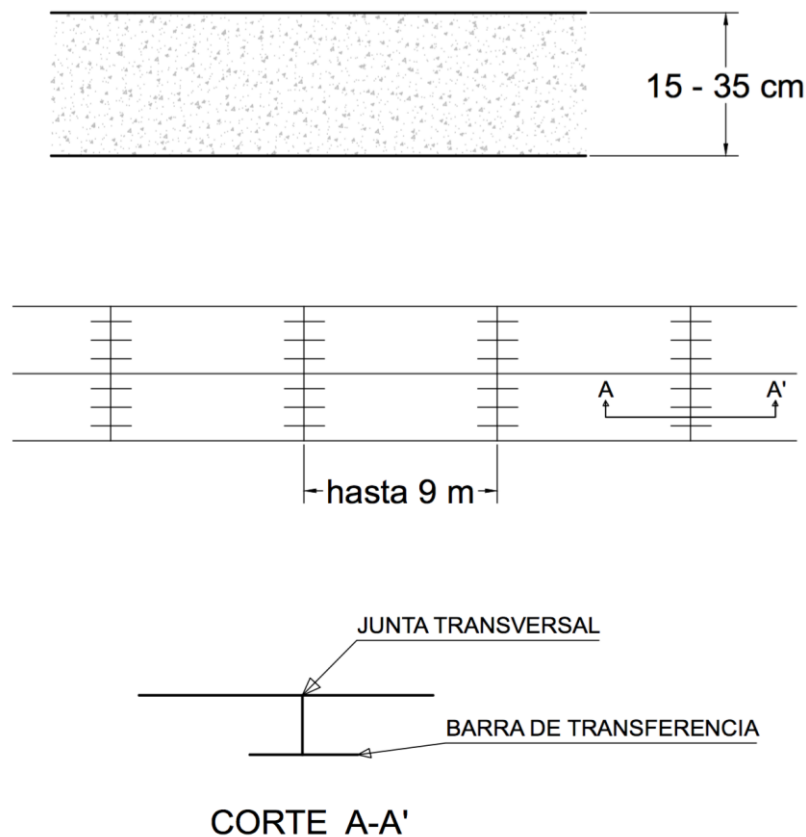


Figura 29. Pavimentos de concreto simple con pasadores.

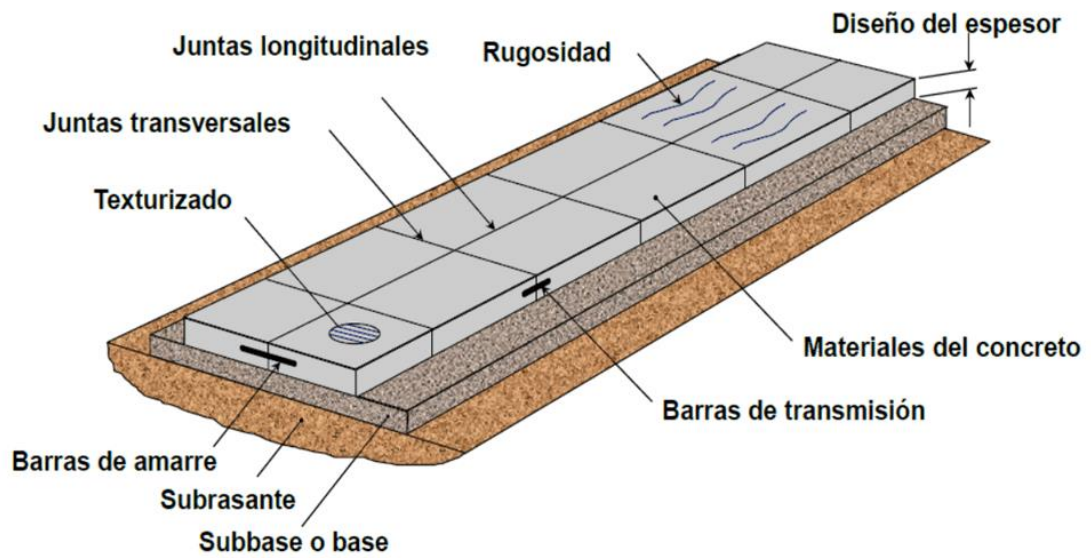


Figura 30. Elementos de un pavimento de concreto simple con pasadores.

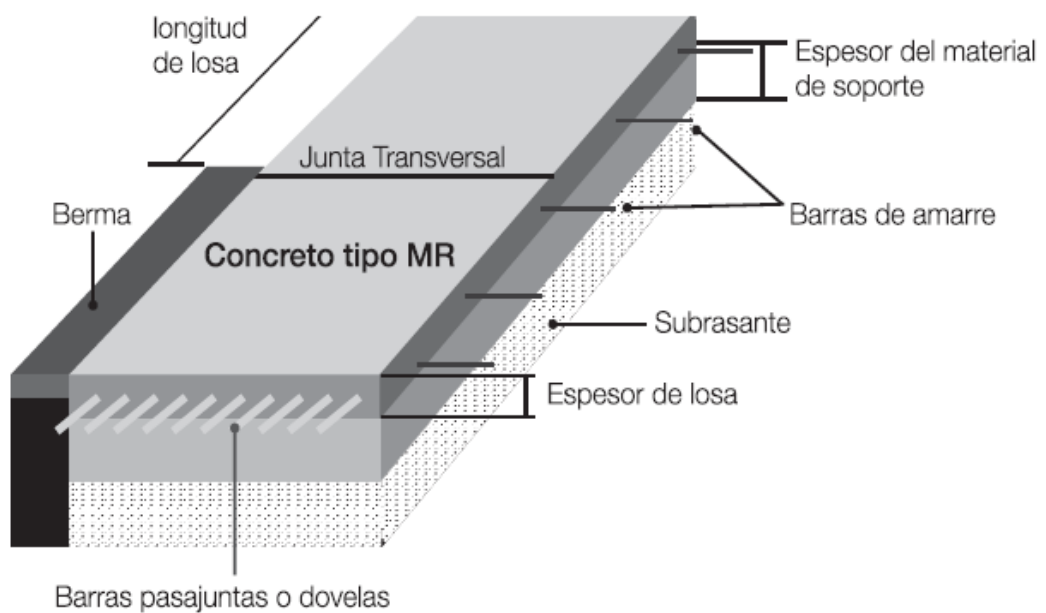


Figura 31. Esquema de un pavimento rígido con pasadores.

Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Este pavimento además del refuerzo, cuenta con pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. El refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado (Naranjo, 2018).

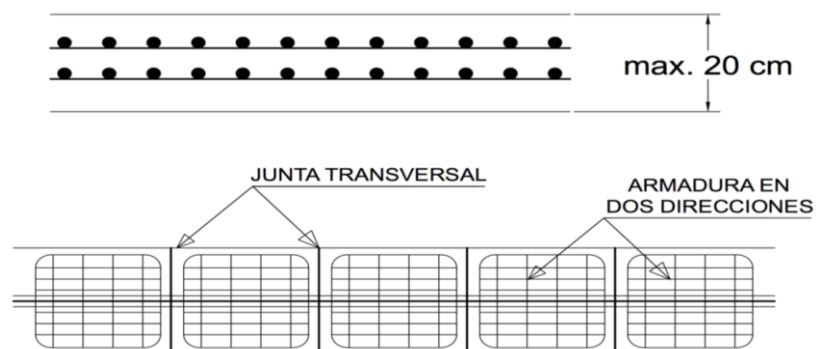


Figura 32. Pavimentos de concreto reforzado con juntas.

Pavimentos de concreto con refuerzo continuo

Este tipo de pavimento se construye sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal. El refuerzo transversal puede no ser requerido (Naranjo, 2018).

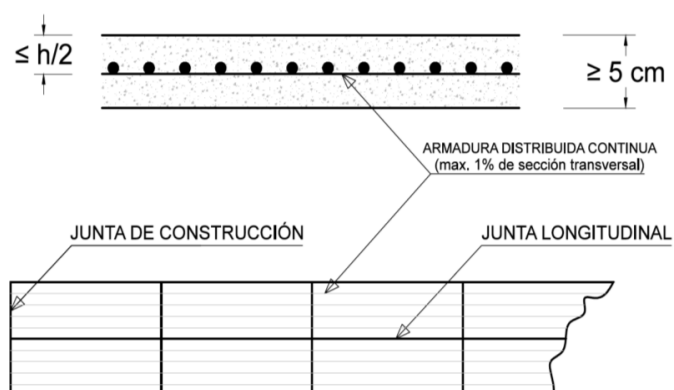


Figura 33. Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

4.2.3 Proceso constructivo de pavimentos rígidos

Sub base granular

Consiste en la selección, transporte, disposición, conformación y compactación mecánica, de los Materiales establecidos en el diseño como base granular para la realización del relleno, de acuerdo a los planos de topografía y al diseño del pavimento. La extensión, mezcla y conformación del material y se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material (DNP, 2015).



Figura 34. Distribución del material de sub base.

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad

especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen, no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa (DNP, 2015).

Colocación de barras pasa juntas

En la ubicación prevista para las juntas transversales de contracción se fijan a la superficie canastillas metálicas con varillas lisas de diámetro, longitud y separación según diseño, colocadas a una altura igual a la mitad del espesor de las losas. Se debe asegurar la perfecta alineación de las varillas en la canastilla, para prevenir daños posteriores en la junta (MTC, 2013).



Figura 35. Barras pasa juntas con canastillas.

Colocación de barras de amarre

En las juntas que muestren las especificaciones técnicas del Proyecto y/o en los sitios en que indique el Supervisor, se colocarán barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia (f_y) de 420 MPa. Si la obra se realiza con pavimentadora de encofrado deslizante, las varillas se introducirán manualmente en la mitad del espesor del pavimento fresco, a las separaciones previstas en el Proyecto (MTC, 2013).

Elaboración y colocación del concreto hidráulico

El concreto debe ser producido en plantas con dosificación por peso. Esta planta puede ser del tipo mezcladora o, donde en caso de emplearse esta última, el mezclado debe realizarse en camiones mezcladores de hormigón. El colocado del hormigón se hará preferentemente por fuera de la faja de hormigonado, independiente del ancho ajustado por los moldes deslizantes con pavimentadora de concreto. La pavimentadora se desplaza sobre orugas controladas por sensores láser orientados por hilos colocados previamente por una comisión de topografía. La máquina dispone de una batería de vibradores, de amplitud y frecuencia variables, que eliminan el aire atrapado en la mezcla y ayudan a distribuirla adecuadamente (Sánchez, 2010).



Figura 36. Colocación del concreto hidráulico con pavimentadora.

Alisado y acabado de superficie

El alisado mejora la densidad de la capa de concreto superior y sella las grietas plásticas que se desarrollan en la cara del concreto entre la colocación del concreto y el alisado. Los resultados alcanzados en la calidad del concreto gracias al alisado no dependen solamente de los equipos y de la forma en que se utilizan, sino también de la calidad del concreto y de su colocación. Debe transcurrir un tiempo mínimo determinado entre la colocación del concreto y el alisado, dado que el concreto debe secarse parcialmente. La operación incluye dos pasos principales (Sánchez, 2010):

- Frotachado tiene por objeto eliminar los granos del agregado que sobresalen, nivelar hinchamientos, rellenar cavidades y compactar la cara del concreto. En esta etapa, las hojas de la alisadora se mantienen planas (Sánchez, 2010).
- El alisado está dirigido a pulir, alisar y endurecer la superficie del concreto. En esta etapa, las hojas de las alisadoras están ligeramente giradas (Sánchez, 2010).



Figura 37. Alisado y acabado de superficie.

Texturizado y curado del concreto

Después de que la superficie de concreto se nivela, se le da textura para aumentar la fricción de los neumáticos y canalizar las aguas superficiales durante las precipitaciones. Una escoba gruesa, lona de arpillera se arrastra

sobre la superficie de concreto para proporcionar una textura aspera, mientras que se mantiene un perfil horizontal suave. El curado es una de los procesos principales para la calidad del pavimento, el curado incluye todos los métodos por los cuales al concreto se le garantiza tiempo, temperatura, y suministro de agua adecuado para que el cemento continúe hidratándose. El tiempo mínimo requerido es normalmente de 3 días, pero a veces se requiere el curado por 28 días o más (Sánchez, 2010).



Figura 38. Texturizado y curado del concreto.

Juntas transversales de contracción

En las juntas transversales, el concreto endurecido se aserrará de forma y en instante tales, que el borde de la ranura sea limpio y antes de que se produzcan grietas de retracción en la superficie. Las juntas longitudinales

pueden aserrarse en cualquier momento, después de transcurridas 8 horas de construido el pavimento, siempre que se asegure que no circulará ningún tráfico, hasta que se haya hecho esta operación. Hasta el momento de sellado de las juntas o hasta el instante de apertura al tránsito en el caso que las juntas se vayan a dejar sin sello, ellas se obturarán con cuerdas u otros elementos similares, con el objeto de evitar la introducción de cuerpos extraños. (MTC, 2013).



Figura 39. Aserrado de juntas de contracción.

Juntas longitudinales de construcción

El pavimento deberá ejecutarse en segmentos longitudinales parciales, y la posición de las juntas longitudinales de construcción, deberán coincidir con la separación de carriles. El sistema de sellado de juntas deberá garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la

junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión; la resistencia al arrastre por las llantas de los vehículos; la resistencia a la acción del agua, a los solventes, a los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos. Las juntas deberán ser selladas pasados 21 a 28 días de edad del concreto, tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan y antes que el pavimento sea abierto al tránsito. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiental deberá estar por encima de 6°C y no debe haber precipitaciones pluviales (MTC, 2013).









Figura 40. Sellado de juntas longitudinales.

4.3 Diseño de los paquetes de pavimentos técnicamente equivalentes

4.3.1 Consideraciones iniciales y generales

Análisis del tránsito vial

Para el análisis del tránsito se adopta la distribución por tipo de vehículos de la Federal Highway Administration (FHWA) que se menciona en la sección 7.2. Se calcula el factor camión (TF) utilizando la incidencia porcentual de cada tipo de vehículo y los factores de equivalencias de carga para ambas alternativas de pavimentación.

FACTOR CAMION PARA LA DISTRIBUCIÓN ADOPTADA DE LA FHWA (TF)								
CLASIFICACIÓN FHWA	DESCRIPCION	% TRANS.	EJE SIMPLE (RS)		EJE TANDEM (RS+RD)		EJE TRIDEM (RS+2RD)	
			EJE SIMPLE (RS)	EJE SIMPLE (RD)	EJE TANDEM (RS+RD)	EJE TANDEM (2RD)	EJE TRIDEM (RS+2RD)	EJE TRIDEM (3RD)
4		1.8	1.8	-----	1.8	-----	-----	-----
5		24.6	24.6	24.6	-----	-----	-----	-----
6		7.6	7.6	-----	-----	7.6	-----	-----
7		0.5	0.5	-----	-----	-----	0.5	-----
8		5	5	10	-----	-----	-----	-----
9		31.3	31.3	-----	-----	62.6	-----	-----


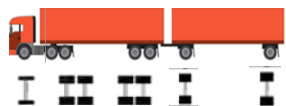

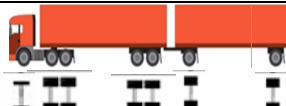
10		9.8	9.8	-----	-----	9.8	-----	9.8
11		0.8	0.8	1.6	-----	1.6	-----	-----
12		3.3	3.3	9.9	-----	3.3	-----	-----
13		15.3	15.3	30.6	-----	30.6	-----	-----
TOTAL		100	100	76.7	1.8	115.5	0.5	9.8
FACTOR DE EQ. PAV. FLEXIBLE			1.2654	3.2383	1.3659	2.0192	1.5082	1.7060
	TOTAL EE para 100 veh.=	628.06	126.5367	248.3766	2.4587	233.2192	0.7541	16.7191
	FACTOR CAMION (TF) =	6.28						
FACTOR DE EQ. PAV. RIGDO			1.2728	3.3348	2.3427	3.4580	3.6854	4.1649
	TOTAL EE para 100 veh.=	829.34	127.2834	255.7812	4.2169	399.3995	1.8427	40.8163
	FACTOR CAMION (TF) =	8.29						

Tabla 19. Determinación del factor camión (TF).

Fuente: Elaboración propia.

Los ejes equivalentes de cada alternativa de pavimentación se calculan para cada uno de los 5 niveles de tránsito expresados en IMDA, para un periodo de diseño de 20 años, un factor dirección de 0.5 y una tasa de crecimiento de 3% anual.

$$ESALS = (IMDA * 0.5)(TF)(G)(365)$$

$$G = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

EJES EQUIVALENTES PARA EL PERIODO DE DISEÑO DE 20 AÑOS				
IMDA Veh x día	FACTOR CAMION (TF)		EJES EQUIVALENTES (ESALS)	
	PAV. FLEXIBLE	PAV. RIGIDO	PAV. FLEXIBLE	PAV. RIGIDO
T1 = 200	6.28	8.29	6,159,857.76	8,133,907.25
T2 = 400	6.28	8.29	12,319,715.51	16,267,814.50
T3 = 2000	6.28	8.29	61,598,577.56	81,339,072.50
T4 = 4000	6.28	8.29	123,197,155.12	162,678,145.00
T5 = 6000	6.28	8.29	184,795,732.67	244,017,217.50

Tabla 20. Ejes equivalentes de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterización de la subrasante

Para la caracterización de la subrasante se han optado por la utilización de correlaciones con el CBR con el fin de simplificar el modelo.

- **Subrasante – pavimentos flexibles**

Para estimar los módulos de resiliencia en la subrasante para el diseño de los pavimentos flexibles se utiliza la siguiente correlación:

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

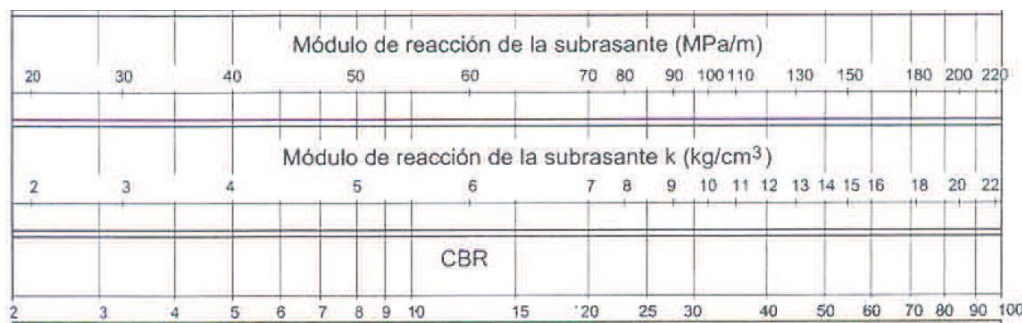
CBR	MR (Psi)
3%	5161.17
6%	8042.81
10%	11152.98
20%	17380.01
30%	22529.34

Tabla 21. Módulos resilientes para cada subrasante.

Fuente: Elaboración propia.

- **Subrasante – pavimentos rígidos**

Para estimar los coeficientes o módulos de reacción de la subrasante para el diseño de pavimentos rígidos se utiliza el siguiente abaco:



CBR	Ksr (Kg/cm3)
3%	2.8
6%	4.35
10%	5.5
20%	7
30%	9.8

Tabla 22. Módulos de reacción para cada subrasante.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente en el proceso de diseño, para estimar el coeficiente de reacción combinado, el cual incluye el aporte de la sub base granular, se calcula utilizando la siguiente formula:

$$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

K_1 (kg/cm ³)	: Coeficiente de reacción de la sub base granular
K_C (kg/cm ³)	: Coeficiente de reacción combinado
K_0 (kg/cm ³)	: Coeficiente de reacción de la subrasante
h	: Espesor de la subbase granular

Condiciones generales

Los parámetros generales adoptados para el diseño de paquetes técnicamente equivalentes en ambas alternativas son los siguientes:

- Confiabilidad (R) = 0.9
- Índice de serviciabilidad final (PSI) = 2.0

Condiciones generales – pavimentos flexibles

- Desviación estándar (So) = 0.45
- Índice de serviciabilidad inicial (PSI) = 4.2
- Condiciones generales en las capas de la estructura

CONDICIONES GENERALES - CAPAS			
CAPA	CBR (%)	MR (psi)	Coef. Drenaje
CARPETA DE RODADURA	100	425,000	1.2
BASE	80	30,000	1
SUB-BASE	40	17,000	0.8

Tabla 23. Condiciones generales en las capas del pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones generales – pavimentos rígidos

- Desviación estándar (So) = 0.35
- Índice de serviciabilidad inicial (PSI) = 4.5
- Factor de transmisión de cargas (J) = 3.2
- Módulo de rotura del concreto (S'c) = 40 Kg/cm²
- Modulo elástico del concreto (Ec) = 3605058 psi
- CBR de la subbase = 40 %
- Coeficiente de reacción de la subbase = 12 Kg/cm³

4.3.2 Diseño de los paquetes estructurales de pavimentos flexibles

Diseño del pavimento flexible caso S1 – T1

S1 = CBR 3%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rigido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible	Pavimento rígido		
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales	4.2	2.0	4.5	2.0
		Vías secundarias				
		Condición de falla	1.5		1.5	

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.		W₁₈	6,159,858
		log (W₁₈)	6.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

Base granular	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Subbase granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)
	k ₁	k ₂		Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
					5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movlizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	2.700	12.00	12.00	2.060		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.299	25.00	25.00	1.356	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.895	40.00	40.00	1.528	5.000	17,889
4	Subrasante	5,161						4.944		

Diseño del pavimento flexible caso S1 – T2

S1 = CBR 3%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Interestatales y otras autopistas	Urbano	Rural					
Desviación estándar total, So		Arterias principales	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44	
SN	0.45	Colectoras	80 – 99	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34	
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Locales	80 – 95	75 – 95					
So	0.46		50 – 80	50 – 80					
Zr x So	-0.59								

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

W_{18}	12,319,716
$\log(W_{18})$	7.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k_1	k_2	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k_1 (psi)	k_2	Condición de humedad	k_1 (psi)	k_2
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
	k_1	k_2		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Base granular				3,000	7,500	15,000	Menos de 2		
Subbase granular				Menos de 2	20	25	2 – 4		
				2 – 4	10	15	4 – 6		
				4 – 6	5	10	Más de 4		
				Más de 6	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.									

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movlizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.003	12.00	12.00	2.060		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.655	30.00	30.00	1.628	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.369	45.00	45.00	1.719	5.000	17,889
4	Subrasante	5,161						5.407		

Diseño del pavimento flexible caso S1 – T3

S1 = CBR 3%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282			Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales		80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales		50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59								

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Tipo de vía			
		Vías principales		2.5	
		Vías secundarias		4.2	2.0
		Condición de falla		1.5	

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

W ₁₈	61,598,578
log (W ₁₈)	7.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad		k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7		Seca	6,000 – 10,000
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7		Húmeda	4,000 – 6,000
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7		Saturada	1,500 – 4,000
				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.814	15.00	15.00	2.575		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	4.595	35.00	35.00	1.899	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	6.600	55.00	55.00	2.101	5.000	17,889
4	Subrasante	5,161						6.625		

Diseño del pavimento flexible caso S1 – T4

S1 = CBR 3%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano	Rural					
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.		W ₁₈	123,197,155
		log (W ₁₈)	8.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares		Subbases granulares					
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂		
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6		
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6		
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6		
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Módulo resiliente de la subrasante (psi)		Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Estado de esfuerzos θ (psi)	
	k ₁	k ₂		Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2		10.0	
Base granular				2 – 4	20	25	30	2 – 4		7.5	
Subbase granular				4 – 6	10	15	20	Más de 4		5.0	
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Más de 6	5	10	15				
				Más de 6	5	5	5				

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _i movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.212	16.00	16.00	2.746		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.049	40.00	40.00	2.170	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	7.193	60.00	60.00	2.293	5.000	17,889
4	Subrasante	5,161						7.209		

Diseño del pavimento flexible caso S1 – T5

S1 = CBR 3%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	184,795,733
	log (W ₁₈)	8.267

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares			
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6	
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6	
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6	
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)			
	k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)			
Base granular				3,000	7,500	15,000	Menos de 2			
Subbase granular				20	25	30	2 – 4			
				10	15	20	Más de 4			
				4 – 6	5	10	5.0			
				Más de 6	5	5				
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.										

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.458	18.00	18.00	3.089		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.328	40.00	40.00	2.170	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	7.560	60.00	60.00	2.293	5.000	17,889
4	Subrasante	5,161						7.562		

Diseño del pavimento flexible caso S2 – T1

S2 = CBR 6%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	6,159,858
	log (W ₁₈)	6.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares			
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6	
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6	
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6	
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Módulo resiliente de la subrasante (psi)			
	k ₁	k ₂		3,000	7,500	15,000	Espesor del concreto asfáltico (plg.)			
Base granular				Menos de 2	20	25	30	Estado de esfuerzos θ (psi)		
Subbase granular				2 – 4	10	15	20	Menos de 2		
				4 – 6	5	10	15	2 – 4		
				Más de 6	5	5	5	Más de 4		
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.										

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	2.700	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.299	22.00	22.00	1.194	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.247	35.00	35.00	1.337	5.000	17,889
4	Subrasante	8,043						4.247		

Diseño del pavimento flexible caso S2 – T2

S2 = CBR 6%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Interestatales y otras autopistas	Urbano	Rural	85 – 99.9					80 – 99.9
Desviación estándar total, So		Arterias principales	80 – 99	75 – 95			Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.45	Colectoras	80 – 95	75 – 95						
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Locales	50 – 80	50 – 80						
So	0.46									
Zr x So	-0.59									

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	12,319,716
	log (W ₁₈)	7.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
	k ₁	k ₂		Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Base granular				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
Subbase granular				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.003	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.655	25.00	25.00	1.356	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.676	42.00	42.00	1.605	5.000	17,889
4	Subrasante	8,043						4.677		

Diseño del pavimento flexible caso S2 – T3

S2 = CBR 6%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estandar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano	Rural					
Desviación estandar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

W ₁₈	61,598,578
log (W ₁₈)	7.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares		Subbases granulares	
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Módulo resiliente de la subrasante (psi)	
	k ₁	k ₂		3,000	7,500	15,000	
Base granular				Menos de 2	20	25	30
Subbase granular				2 – 4	10	15	20
				4 – 6	5	10	15
				Más de 6	5	5	5
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Estado de esfuerzos θ (psi)	
				Menos de 2			10.0
				2 – 4			7.5
				Más de 4			5.0

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movlizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.814	13.00	13.00	2.231		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	4.595	30.00	30.00	1.628	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.790	50.00	50.00	1.940	5.000	17,889
4	Subrasante	8,043						5.799		

Diseño del pavimento flexible caso S2 – T4

S2 = CBR 6%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	123,197,155
	log (W ₁₈)	8.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%		Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
	k ₁	k ₂		Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Base granular				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
Subbase granular				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.212	15.00	15.00	2.575		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.049	35.00	35.00	1.899	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	6.326	50.00	50.00	1.910	5.000	17,889
4	Subrasante	8,043						6.384		

Diseño del pavimento flexible caso S2 – T5

S2 = CBR 6%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Interestatales y otras autopistas	Arterias principales	Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Arterias principales		80 – 99		Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.45	Colectoras		80 – 95					
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Locales		50 – 80					
So	0.46								
Zr x So	-0.59								

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	184,795,733
	log (W ₁₈)	8.267

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación						
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%				1% - 5%	5% - 25%	Más del 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		
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80		
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60		
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40		

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares		Subbases granulares				
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6	
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6	
	k ₁	k ₂		Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6	
Base granular				Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Módulo resiliente de la subrasante (psi)		Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Estado de esfuerzos θ (psi)
Subbase granular				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2		10.0
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				2 – 4	20	25	30	2 – 4		7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4		5.0
				Más de 6	5	10	15			
					5	5	5			

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.458	16.00	16.00	2.746		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.328	35.00	35.00	1.899	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	6.657	55.00	55.00	2.101	5.000	17,889
4	Subrasante	8,043						6.747		

Diseño del pavimento flexible caso S3 – T1

S3 = CBR 10%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

1. Confiabilidad y desviación estándar										
Nivel de confianza (%)	90%									
Zr	-1.282	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So		So SIN considerar la varianza del tránsito
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50
SN	0.45	Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Rígido		0.30 – 0.40
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95				0.49
So	0.46	Locales		50 – 80		50 – 80				0.34
Zr x So	-0.59									
2. Niveles de servicio						3. Tránsito				
PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.				
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido						
Delta de PSI	2.20	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final			W ₁₈		6,159,858
Función Gt	-0.089	Vías principales	2.5	2.5	2.5			log (W ₁₈)		6.790
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5					
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5					
4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura										
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible esté expuesta a humedades cercanas a la saturación								
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 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
		Aceptable		1.25 – 1.15		1.15 – 1.05		1.00 – 0.80		0.80
		Malo		1.15 – 1.05		1.05 – 0.80		0.80 – 0.60		0.60
		Muy malo		1.05 – 0.95		0.95 – 0.75		0.75 – 0.40		0.40
5. Características no lineales de los materiales granulares										
	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares				Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad		k ₁ (psi)		k ₂		
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca		6,000 – 10,000		0.5 – 0.7		
				Húmeda		4,000 – 6,000		0.5 – 0.7		
				Saturada		2,000 – 4,000		0.5 – 0.7		
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Módulo resiliente de la subrasante (psi)		Espesor del concreto asfáltico (plg.)		Estado de esfuerzos θ (psi)
	k ₁	k ₂		Menos de 2		3,000		Menos de 2		10.0
Base granular				2 – 4		7,500		2 – 4		7.5
Subbase granular				4 – 6		15,000		Más de 4		5.0
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Más de 6		5				
6. Estructura										
Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _i movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	2.700	8.00	8.00	1.373		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.299	20.00	20.00	1.085	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	3.810	35.00	35.00	1.337	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						3.795		

Diseño del pavimento flexible caso S3 – T2

S3 = CBR 10%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estandar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estandar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estandar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.	W ₁₈	12,319,716
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido			
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	log (W ₁₈)	7.091
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5		
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0		
		Condición de falla		1.5		1.5		

3. Tránsito

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
	k ₁	k ₂		Esesor del concreto asfáltico (plg.)	3,000	7,500	15,000	Esesor del concreto asfáltico (plg.)	
Base granular				Menos de 2	20	25	30	Menos de 2	10.0
Subbase granular				2 – 4	10	15	20	2 – 4	7.5
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Esesor calculado (D) (cm.)	Esesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.003	8.00	8.00	1.373		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.655	22.00	22.00	1.394	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.208	40.00	40.00	1.528	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						4.295		

Diseño del pavimento flexible caso S3 – T3

S3 = CBR 10%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.	
PSI final	2.00		Pavimento flexible	Pavimento rígido				
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W₁₈	61,598,578
Función Gt	-0.089	Vías principales	2.5	2.5				
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0		
		Condición de falla	1.5	1.5				

3. Tránsito

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%		Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

Base granular	k₁	k₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
	k₁	k₂		Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)
Base granular				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
Subbase granular				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizad en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.814	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	4.595	30.00	30.00	1.728	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.244	48.00	48.00	1.834	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						5.278		

Diseño del pavimento flexible caso S3 – T4

S3 = CBR 10%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

W₁₈	123,197,155
log (W₁₈)	8.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

Base granular	k₁	k₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Subbase granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂
	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Base granular	k₁	k₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Subbase granular				Esesor del concreto asfáltico (plg.)	3,000	7,500	15,000	Esesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)
				Menos de 2	20	25	30	Menos de 2	10.0
				2 – 4	10	15	20	2 – 4	7.5
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Esesor calculado (D) (cm.)	Esesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _f movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.212	12.00	12.00	2.060		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.049	32.00	32.00	1.736	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.742	50.00	50.00	1.910	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						5.706		

Diseño del pavimento flexible caso S3 – T5

S3 = CBR 10%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80				
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				3. Tránsito	
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	
Función Gt	-0.089	Vías principales	2.5	2.5			W ₁₈
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0	log (W ₁₈)
		Condición de falla	1.5	1.5			184,795,733
							8.267

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
	k ₁	k ₂		Esesor del concreto asfáltico (plg.)	3,000	7,500	15,000	Esesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)
Base granular				Menos de 2	20	25	30	Menos de 2	10.0
Subbase granular				2 – 4	10	15	20	2 – 4	7.5
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	5	5		
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.									

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Esesor calculado (D) (cm.)	Esesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _t movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.458	13.00	13.00	2.231		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.328	32.00	32.00	1.736	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	6.049	50.00	52.00	1.987	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						5.954		

Diseño del pavimento flexible caso S4 – T1

S4 = CBR 20%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano	Rural					
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	6,159,858
	log (W ₁₈)	6.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
	k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Base granular				3,000	7,500	15,000	Menos de 2		
Subbase granular				20	25	30	2 – 4		
				10	15	20	4 – 6		
				5	10	15	Más de 4		
				5	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.									

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	2.700	6.00	6.00	1.030		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.299	18.00	18.00	0.977	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	3.274	32.00	32.00	1.223	5.000	17,889
4	Subrasante	17,380						3.229		

Diseño del pavimento flexible caso S4 – T2

S4 = CBR 20%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	12,319,716
	log (W ₁₈)	7.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%		Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Módulo resiliente de la subrasante (psi)		
	k ₁	k ₂		3,000	7,500	15,000	Menos de 2	Estado de esfuerzos θ (psi)	
Base granular				Menos de 2	20	25	30	Menos de 2	
Subbase granular				2 – 4	10	15	20	2 – 4	
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				4 – 6	5	10	15	Más de 4	
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.003	7.00	7.00	1.201		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.655	20.00	20.00	1.085	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	3.628	35.00	35.00	1.337	5.000	17,889
4	Subrasante	17,380						3.624		

Diseño del pavimento flexible caso S4 – T3

S4 = CBR 20%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Interestatales y otras autopistas	Arterias principales	Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Colectoras	Locales	80 – 99.9	80 – 99.9	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.45								
Sw (del estudio de tránsito)	0.10								
So	0.46								
Zr x So	-0.59								

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

W_{18}	61,598,578
$\log(W_{18})$	7.790

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k_1	k_2	Condición	Bases granulares			Subbases granulares			
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k_1 (psi)	k_2	Condición de humedad	k_1 (psi)	k_2	
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6	
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6	
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6	
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)			
	k_1	k_2		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)			
Base granular				3,000	7,500	15,000				
Subbase granular				Menos de 2	20	25	30			
				2 – 4	10	15	20			
				4 – 6	5	10	15			
				Más de 6	5	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Menos de 2			Menos de 2			
				10.0			7.5			
				5.0			5.0			

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M_r movlizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.814	8.00	8.00	1.373		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	4.595	28.00	28.00	1.519	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.563	42.00	42.00	1.605	5.000	17,889
4	Subrasante	17,380						4.497		

Diseño del pavimento flexible caso S4 – T4

S4 = CBR 20%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estándar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80				
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.	
PSI final	2.00		Pavimento flexible	Pavimento rígido		W₁₈		123,197,155
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial		PSI final	
Función Gt	-0.089	Vías principales	2.5	2.5				
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0		
		Condición de falla	1.5	1.5				

3. Tránsito

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

Base granular	k₁	k₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares			
Subbase granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂	
	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6	
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6	
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6	
Base granular	k₁	k₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)			
Subbase granular				Esesor del concreto asfáltico (plg.)	3,000	7,500	15,000	Esesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)	
				Menos de 2	20	25	30	Menos de 2	10.0	
				2 – 4	10	15	20	2 – 4	7.5	
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0	
				Más de 6	5	5	5			

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Esesor calculado (D) (cm.)	Esesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.212	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.049	30.00	30.00	1.628	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.014	45.00	45.00	1.719	5.000	17,889
4	Subrasante	17,380						5.063		

Diseño del pavimento flexible caso S4 – T5

S4 = CBR 20%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estandar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano	Rural					
Desviación estandar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	184,795,733
	log (W ₁₈)	8.267

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
	k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Base granular				3,000	7,500	15,000	Menos de 2		
Subbase granular				20	25	30	2 – 4		
				10	15	20	Más de 4		
				5	10	15			
				5	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.									

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.458	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.328	32.00	32.00	1.736	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.292	48.00	48.00	1.834	5.000	17,889
4	Subrasante	17,380						5.286		

Diseño del pavimento flexible caso S5 – T1

S5 = CBR 30%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES										
1. Confiabilidad y desviación estandar										
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estandar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	Rural	80 – 99.9					Flexible
Desviación estandar total, So		Arterias principales	80 – 99	Colectoras	80 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34	
SN	0.45	Locales	50 – 80							
Sw (del estudio de tránsito)	0.10									
So	0.46									
Zr x So	-0.59									
2. Niveles de servicio					3. Tránsito					
PSI inicial	4.20	Tipo de vía		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.				
PSI final	2.00	Vías principales		Pavimento flexible	Pavimento rígido					
Delta de PSI	2.20	Vías secundarias		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W ₁₈	6,159,858	
Función Gt	-0.089	Condición de falla		4.2	2.0	4.5	2.0	log (W ₁₈)	6.790	
				1.5		1.5				
4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura										
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación						
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30%		Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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		
				Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80		
				Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60		
				Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40		
5. Características no lineales de los materiales granulares										
Base granular		k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Subbase granular		8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
					Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
					Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
					Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...					Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
		k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
					3,000	7,500	15,000	Menos de 2		
					20	25	30	2 – 4		
					10	15	20	Más de 4		
					5	10	15			
					5	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.										
6. Estructura										
Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	2.700	5.00	5.00	0.858		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.299	18.00	18.00	0.977	21.445	50,337
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	2.990	30.00	30.00	1.146	5.000	17,889
4	Subrasante	22,529						2.981		

Diseño del pavimento flexible caso S5 – T2

S5 = CBR 30%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estandar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estandar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	12,319,716
	log (W ₁₈)	7.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
	k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Base granular				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
Subbase granular				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
					5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.003	6.00	6.00	1.130		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	3.655	20.00	20.00	1.085	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	3.319	30.00	30.00	1.146	5.000	17,889
4	Subrasante	22,529						3.361		

Diseño del pavimento flexible caso S5 – T3

S5 = CBR 30%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Clasificación funcional	Urbano					Rural
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		3. Tránsito				
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible	Pavimento rígido	Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.			
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W ₁₈	61,598,578
Función Gt	-0.089	Vías principales	2.5	2.5	log (W ₁₈)			
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0	7.790	
		Condición de falla	1.5	1.5				

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
	k ₁	k ₂		Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Base granular				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
Subbase granular				Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.				Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
				4 – 6	5	10	15	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizad en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	3.814	10.00	10.00	1.716		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	4.595	30.00	30.00	1.728	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	5.244	48.00	48.00	1.834	5.000	17,889
4	Subrasante	11,153						5.278		

Diseño del pavimento flexible caso S5 – T4

S5 = CBR 10%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido		
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	
Función Gt	-0.089		Vías principales	2.5	2.5	2.5	
			Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5		
						W₁₈	123,197,155
						log (W₁₈)	8.091

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%		Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

Base granular	k₁	k₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂	Condición de humedad	k₁ (psi)	k₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)	Estado de esfuerzos θ (psi)
	k₁	k₂		Menos de 2	3,000	7,500	15,000	Menos de 2	10.0
Base granular				2 – 4	20	25	30	2 – 4	7.5
Subbase granular				4 – 6	10	15	20	Más de 4	5.0
				Más de 6	5	10	15		
					5	5	5		

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M _r movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.212	8.00	8.00	1.373		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.049	30.00	30.00	1.628	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.620	42.00	42.00	1.605	5.000	17,889
4	Subrasante	22,529						4.605		

Diseño del pavimento flexible caso S5 – T5

S5 = CBR 30%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

1. Confiabilidad y desviación estandar

Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282		Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.45	Arterias principales	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95				
So	0.46	Locales	50 – 80	50 – 80	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Zr x So	-0.59							

2. Niveles de servicio

PSI inicial	4.20	Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
PSI final	2.00		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI	2.20		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Función Gt	-0.089	Vías principales		2.5		2.5
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
		Condición de falla		1.5		1.5

3. Tránsito

Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento flexible.

	W ₁₈	184,795,733
	log (W ₁₈)	8.267

4. Efecto del agua en las capas granulares de la estructura

Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento flexible está expuesta a humedades cercanas a la saturación				
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% – 5%	5% – 25%	Más del 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
		Aceptable	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
		Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
		Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

5. Características no lineales de los materiales granulares

	k ₁	k ₂	Condición	Bases granulares			Subbases granulares		
Base granular	8,000	0.6	Seca	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂	Condición de humedad	k ₁ (psi)	k ₂
Subbase granular	8,000	0.5	Seca	Seca	6,000 – 10,000	0.5 – 0.7	Seca	6,000 – 10,000	0.4 – 0.6
				Húmeda	4,000 – 6,000	0.5 – 0.7	Húmeda	4,000 – 6,000	0.4 – 0.6
				Saturada	2,000 – 4,000	0.5 – 0.7	Saturada	1,500 – 4,000	0.4 – 0.6
Deseo emplear valores personalizados...				Espesor del concreto asfáltico (plg.)			Espesor del concreto asfáltico (plg.)		
	k ₁	k ₂		Módulo resiliente de la subrasante (psi)			Estado de esfuerzos θ (psi)		
Base granular				3,000	7,500	15,000	Menos de 2		
Subbase granular				20	25	30	2 – 4		
				10	15	20	Más de 4		
				5	10	15			
				5	5	5			
Deje estas casillas en blanco si quiere emplear los valores sugeridos por defecto en la Guía AASHTO de 1993.									

6. Estructura

Capa	Material	Módulo resiliente (psi)	Coefficiente estructural de capa (a)	Coefficiente de drenaje (m)	Número estructural (SN)	Espesor calculado (D) (cm.)	Espesor redondeado o mínimo - D* - (cm.)	Número estructural dispuesto (SN*)	θ en las capas granulares (psi)	M, movilizado en las capas granulares (psi)
1	Concreto asfáltico	425,000	0.436	1.2	4.458	8.00	8.00	1.373		
2	Base granular	30,000	0.138	1.00	5.328	32.00	32.00	1.736	5.000	21,012
3	Subbase granular	17,000	0.121	0.80	4.883	45.00	45.00	1.719	5.000	17,889
4	Subrasante	22,529						4.829		

4.3.3 Diseño de los paquetes estructurales de pavimentos rígidos

Diseño del pavimento rígido caso S1 – T1

S1 = CBR 3%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural				Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95					
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80					
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido				W ₁₈	8,133,907	
Delta de PSI	2.50	Vías principales	PSI Inicial	PSI final	PSI Inicial	PSI final			log (W ₁₈)	6.910	
Función Gt	-0.033	Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0					
		Condición de falla	2.5		1.5						
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%		
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00					
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90					
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80					
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70					
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland					
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí No		Sí No					
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2 3.8 – 4.4		2.5 – 3.1 3.6 – 4.2					
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (I)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2 NA		2.3 – 2.9 NA					
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)					
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	2.80	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0					
Espesor de la subbase (cm)	30.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)	164.02	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0					
Unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _f (psi/plg.)	164.02	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0					
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (I)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0					
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	164.02	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0					
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland					Calculado	Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		25.20	26						
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40										
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)								
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30								
DE AMARRE	5/8"	82	90								

Diseño del pavimento rígido caso S1 – T3

S1 = CBR 3%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS									
1. Confiabilidad									
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano	Rural	Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9				
Desviación estándar total, So		Arterias principales		80 – 99	75 – 95	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.35	Colectoras		80 – 95	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Locales		50 – 80	50 – 80				
So	0.36								
Zr x So	-0.47								
2. Niveles de servicio					3. Tránsito				
PSI inicial	4.50	Tipo de vía		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.			
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido		W ₁₈ 81,339,073			
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final				
Función Gt	-0.033	Vías principales	2.5	2.5	2.5	log (W ₁₈) 7.910			
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5				
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5				
4. Efecto del agua en el pavimento									
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%	5% - 25%	Mas del 25%		
Coefficiente de drenaje	1.00	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			
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90			
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80			
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70			
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)									
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland			
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí	No	Sí	No		
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2		
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA		
		Pavimento de concreto continuamente reforzado							
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación									
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	2.80	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)	30.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)	164.02	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{rf} (psi/plg.)	164.02	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (j)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	164.02	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario									
Propiedades del concreto de cemento Portland			Calculado		Redondeado				
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		35.89	36				
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40								
		TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)				
		PASA JUNTA	1 1/2"	50	38				
		DE AMARRE	5/8"	90	90				

Diseño del pavimento rígido caso S1 – T5

S1 = CBR 3%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS												
1. Confiabilidad												
Nivel de confianza (%)	90%					Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_o	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural			Flexible	0.40 – 0.50				
Desviación estándar total, S_o		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9						
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95						
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95						
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80						
Zr x So	-0.47											
2. Niveles de servicio					3. Tránsito							
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.						
PSI final	2.00											
Delta de PSI	2.50	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido							
Función Gt	-0.033		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W_{18}		244,017,218			
		Vías principales	2.5		2.5		$\log(W_{18})$		8.387			
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0						
		Condición de falla	1.5		1.5							
4. Efecto del agua en el pavimento												
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación										
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%			
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.10					
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	1.00					
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.90					
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.80					
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)												
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Ancorada y de concreto de cemento Portland						
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No						
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4		2.5 – 3.1				
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9				
		Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9				
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación												
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)				
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		2.80		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0				
Espesor de la subbase (cm)		30.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k_{sc} (psi/plg.)		164.02		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k_{sf} (psi/plg.)		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k_{sf} (psi/plg.)		164.02		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0				
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0				
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		164.02		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0				
7. Cálculo del espesor de losa necesario												
Propiedades del concreto de cemento Portland				Espesor de losa (centímetros)		Calculado		Redondeado				
Módulo elástico, E_c (psi)		3,605,058				42.27		43				
Módulo de rotura, S'_c (Kg/cm ²)		40										
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)				
				PASA JUNTA		1 1/2"		50				
				DE AMARRE		5/8"		90				

Diseño del pavimento rígido caso S2 – T1

S2 = CBR 6%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS									
1. Confiabilidad									
Nivel de confianza (%)	90%								
Zr	-1.282								
		Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So	
				Urbano		Rural		So considerando la varianza del tránsito	
		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		So SIN considerar la varianza del tránsito	
Desviación estándar total, So		Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Flexible	
SN		Colectoras		80 – 95		75 – 95		0.40 – 0.50	
Sw (del estudio de tránsito)		Locales		50 – 80		50 – 80		0.49	
So								0.39	
Zr x So								0.34	
2. Niveles de servicio					3. Tránsito				
PSI inicial		4.50		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.			
PSI final		2.00		Tipo de vía		Pavimento flexible		Pavimento rígido	
Delta de PSI		2.50		PSI inicial		PSI final		PSI inicial	
Función Gt		-0.033		Vías principales		2.5		2.5	
				Vías secundarias		4.2		2.0	
				Condición de falla		1.5		1.5	
								W ₁₈	
								8,133,907	
								log (W ₁₈)	
								6.910	
4. Efecto del agua en el pavimento									
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación					
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%	
Coeficiente de drenaje		1.00		Excelente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15	
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10	
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00	
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90	
				Muy malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80	
								0.80 – 0.70	
								0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)									
Tipo de berma		Concreto asfáltico		Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland	
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado		Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No	
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO		Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4	
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20		Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA	
				Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		2.3 – 2.9	
								NA	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación									
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)	
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		4.35		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0	
Espesor de la subbase (cm)		30.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0	
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)		234.05		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0	
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0	
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _f (psi/plg.)		234.05		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0	
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0	
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		234.05		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0	
7. Cálculo del espesor de losa necesario									
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado		Redondeado			
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		24.69		25	
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40							
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/4"		45	
				DE AMARRE		5/8"		80	
								90	

Diseño del pavimento rígido caso S2 – T2

S2 = CBR 6%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS										
1. Confiabilidad										
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano	Rural	Urbano	Rural					
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
SN	0.35	Arterias principales	80 – 99	75 – 95	80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95	80 – 95	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
So	0.36	Locales	50 – 80	50 – 80	50 – 80	50 – 80				
Zr x So	-0.47									
2. Niveles de servicio					3. Tránsito					
PSI inicial	4.50	Tipo de vía		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.				
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido		W ₁₈				
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final					
Función Gt	-0.033	Vías principales	2.5	2.5	2.5	log (W ₁₈)				
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0	16,267,815			
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5	7.211				
4. Efecto del agua en el pavimento										
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación								
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90	0.80	0.70
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80	0.70	0.60
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.60	0.50
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.60	0.50	0.40
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)										
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland				
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No				
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4		2.5 – 3.1		
Coefficiente de transmisión de carga sugerida (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9		
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación										
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)				
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	4.35	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0				
Espesor de la subbase (cm)	30.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)	234.05	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0				
unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{rf} (psi/plg.)	234.05	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0				
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0				
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	234.05	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0				
7. Cálculo del espesor de losa necesario										
Propiedades del concreto de cemento Portland		Calculado		Redondeado						
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		27.58		28				
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40									
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)							
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30							
DE AMARRE	5/8"	85	90							

Diseño del pavimento rígido caso S2 – T4

S2 = CBR 6%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural		Flexible	0.40 – 0.50				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9					
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95					
Sw (del estudio de tránsito)		Colectoras		80 – 95		75 – 95					
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80					
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido						
Delta de PSI	2.50		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W ₁₈	162,678,145			
Función Gt	-0.033	Vías principales	2.5	2.5	2.5	2.5	log (W ₁₈)	8.211			
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0					
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5	1.5					
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% – 5%	5% – 25%	Más del 25%				
Coefficiente de drenaje	1.00	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					
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90					
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80					
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland					
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		SI	No	SI	No				
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2				
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2				
		Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA				
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)					
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	4.35	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0					
Espesor de la subbase (cm)	30.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)	234.05	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0					
Unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _f (psi/plg.)	234.05	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0					
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0					
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	234.05	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0					
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Pórtland				Calculado		Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		39.32		40					
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40										
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)								
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38								
DE AMARRE	5/8"	90	90								

Diseño del pavimento rígido caso S2 – T5

S2 = CBR 6%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So	
Zr	-1.282	Urbano		Rural				So considerando la varianza del tránsito		So SIN considerar la varianza del tránsito	
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50	
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Rígido		0.39	
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80					
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial		4.50		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.			
PSI final		2.00		Tipo de vía		Pavimento flexible					
Delta de PSI		2.50		PSI inicial		PSI final		PSI inicial		PSI final	
Función Gt		-0.033		Vías principales		2.5		2.5			
				Vías secundarias		4.2		2.0		4.5	
				Condición de falla		1.5		1.5		2.0	
										W ₁₈	
										244,017,218	
										log (W ₁₈)	
										8.387	
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%	
Coeficiente de drenaje		1.00		Ejecente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10	
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00	
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90	
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80	
				Muy malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80		0.80 – 0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma		Concreto asfáltico		Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland			
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado		Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No		Sí	
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO		Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4		2.5 – 3.1	
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20		Concreto simple o concreto reforzado		2.9		3.2		NA	
				Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm3)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm3)		4.35		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)		30.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _{sc} (psi/plg.)		234.05		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
Rigidez de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _r (psi/plg.)		234.05		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (I)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		234.05		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland		Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Calculado		Redondeado			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40		Espesor de losa (centímetros)		41.78		42			
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		ESPACIAMIENTO (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/2"		50		38	
				DE AMARRE		5/8"		90		90	

Diseño del pavimento rígido caso S3 – T1

S3 = CBR 10%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS										
1. Confiabilidad										
Nivel de confianza (%)	90%									
Zr	-1.282									
		Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So		
				Urbano		Rural		So considerando la varianza del tránsito		
		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		So SIN considerar la varianza del tránsito		
Desviación estándar total, So		Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Flexible		
SN		Colectoras		80 – 95		75 – 95		0.40 – 0.50		
Sw (del estudio de tránsito)		Locales		50 – 80		50 – 80		0.49		
So								0.39		
Zr x So								0.34		
2. Niveles de servicio					3. Tránsito					
		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.				
PSI inicial		Pavimento flexible		Pavimento rígido				W ₁₈		8,133,907
PSI final		PSI inicial		PSI final				log (W ₁₈)		6.910
Delta de PSI		Vías principales		2.5		2.5				
Función Gt		Vías secundarias		4.2		2.0				
		Condición de falla		1.5		1.5				
4. Efecto del agua en el pavimento										
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación						
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%
Coeficiente de drenaje		1.00		Excelente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80
				Muy malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80		0.80 – 0.70
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)										
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO				Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.5 – 3.1		3.6 – 4.2
						Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA
								2.3 – 2.9		NA
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación										
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)		
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		5.50		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0		
Espesor de la subbase (cm)		25.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0		
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)		260.94		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0		
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0		
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _f (psi/plg.)		260.94		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0		
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0		
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		260.94		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0		
7. Cálculo del espesor de losa necesario										
Propiedades del concreto de cemento Pórtland				Calculado		Redondeado				
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		24.51		25		
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40								
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		
				PASAJUNTA		1 1/4"		45		
				DE AMARRE		5/8"		80		
								ESPACIAMIENTO (cm)		
								30		
								90		

Diseño del pavimento rígido caso S3 – T2

S3 = CBR 10%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS													
1. Confiabilidad													
Nivel de confianza (%)	90%					Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_o	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282	Urbano		Rural			Flexible	0.40 – 0.50					0.49
Desviación estándar total, S_o		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Rígido		0.30 – 0.40		0.39	0.34
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95							
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95							
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80							
Zr x So	-0.47												
2. Niveles de servicio					3. Tránsito								
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.							
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido								
Delta de PSI	2.50		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W_{18}		16,267,815				
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5	log (W ₁₈)		7.211				
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0							
		Condición de falla		1.5		1.5							
4. Efecto del agua en el pavimento													
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación											
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%				
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00							
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90							
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80							
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70							
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70							
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)													
Tipo de berma	Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland				
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No				
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO				Pavimentos con Juntas		3.2		3.8 – 4.4				
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.9		3.1				
						NA		2.3 – 2.9		NA			
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación													
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)					
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		5.50		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0					
Espesor de la subbase (cm)		25.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k_{∞} (psi/plg.)		260.94		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0					
fundidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D_{SG} (plg.) [$D_{SG} > 120$ plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k_{rf} (psi/plg.)		260.94		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0					
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0					
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		260.94		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0					
7. Cálculo del espesor de losa necesario													
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado		Redondeado							
Módulo elástico, E_c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		27.01		27					
Módulo de rotura, S'_c (Kg/cm ²)		40											
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)										
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30										
DE AMARRE	5/8"	84	90										

Diseño del pavimento rígido caso S3 – T3

S3 = CBR 10%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS									
1. Confiabilidad									
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano	Rural	Urbano	Rural				
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44	
SN	0.35	Arterias principales	80 – 99	75 – 95	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34	
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras	80 – 95	75 – 95					
So	0.36	Locales	50 – 80	50 – 80					
Zr x So	-0.47								
2. Niveles de servicio					3. Tránsito				
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)		Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible	Pavimento rígido					
Delta de PSI	2.50		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final			
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5			
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0			
		Condición de falla		1.5		1.5			
							W ₁₈	81,339,073	
							log (W ₁₈)	7.910	
4. Efecto del agua en el pavimento									
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%			
Coefficiente de drenaje	1.00	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			
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90			
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80			
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70			
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)									
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland			
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí	No	Sí	No		
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2		
Coefficiente de transmisión de carga sugerida (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA		
		Pavimento de concreto continuamente reforzado							
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación									
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	5.50	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)	25.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)	260.94	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{rf} (psi/plg.)	260.94	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	260.94	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario									
Propiedades del concreto de cemento Portland					Calculado	Redondeado			
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		34.96	35				
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40								
		TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)				
		PASA JUNTA	1 1/2"	50	38				
		DE AMARRE	5/8"	90	90				

Diseño del pavimento rígido caso S3 – T4

S3 = CBR 10%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural		Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44		
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9					
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95					
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80					
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible		Pavimento rígido						
Delta de PSI	2.50		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final					
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5					
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0					
		Condición de falla		1.5		1.5					
								W ₁₈	162,678,145		
								log (W ₁₈)	8.211		
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido esté expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%		
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00		1.00			
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90		0.90			
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80		0.80			
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70		0.70			
		May malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland			
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí No Sí No			
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO					Pavimentos con juntas		3.2 3.8 – 4.4 2.5 – 3.1 3.6 – 4.2			
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20					Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2 NA 2.3 – 2.9 NA			
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		5.50		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)		25.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)		260.94		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _r (psi/plg.)		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _r (psi/plg.)		260.94		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		260.94		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Pórtland				Calculado		Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		39.07		39			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40									
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)			
				PASA JUNTA		1 1/2"		50			
				DE AMARRE		5/8"		90			

Diseño del pavimento rígido caso S3 – T5

S3 = CBR 10%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural				Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Desviación estándar total, So		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95					
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
So	0.36	Locales		50 – 80		50 – 80					
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido				W ₁₈	244,017,218		
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final			log (W ₁₈)	8.387		
Función Gt	-0.033	Vías principales	2.5	2.5	2.5						
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0					
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5						
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%		
Coefficiente de drenaje	1.00	Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	
		Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.70	
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.70	0.70	
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland					
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No					
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4		2.5 – 3.1			
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9			
		Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9			
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)					
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	5.50	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0					
Espesor de la subbase (cm)	25.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _{sc} (psi/plg.)	260.94	Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0					
Unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0					
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{rf} (psi/plg.)	260.94	Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0					
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0					
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	260.94	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0					
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado		Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		41.63		42					
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40										
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)								
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38								
DE AMARRE	5/8"	90	90								

Diseño del pavimento rígido caso S4 – T1

S4 = CBR 20%

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Zr	-1.282	Urbano		Rural		Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44		
Desviación estándar total, So		85 – 99.9		80 – 99.9		Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34		
SN	0.35	Arterias principales		75 – 95							
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		80 – 95							
So	0.36	Locales		50 – 80							
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido		W ₁₈		8,133,907			
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	log (W ₁₈)		6.910			
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5							
		Vías secundarias		4.2 2.0 4.5 2.0							
		Condición de falla		1.5 1.5							
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%					
Coefficiente de drenaje	1.00	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					
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90					
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80					
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma	Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland		
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí No		Sí No		
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO				Pavimentos con juntas		3.2 3.8 – 4.4		2.5 – 3.1 3.6 – 4.2		
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (I)	3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA 2.3 – 2.9 NA		
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm3)	12.00				Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)		
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm3)	7.00				Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0		
Espesor de la subbase (cm)	20.00				Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0		
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _s (psi/plg.)	298.75				Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0		
Indicador de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00				Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0		
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _r (psi/plg.)	298.75				Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0		
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (I)	0				Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0		
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	298.75				Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0		
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland						Calculado		Redondeado			
Módulo elástico, E _c (psi)	3,605,058			Espesor de losa (centímetros)		24.09		24			
Módulo de rotura, S' _c (Kg/cm ²)	40										
TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)								
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30								
DE AMARRE	5/8"	80	90								

Diseño del pavimento rígido caso S4 – T2

S4 = CBR 20%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%										
Zr	-1.282										
Desviación estándar total, So		Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So		So considerando la varianza del tránsito	
SN	0.35			Urbano		Rural				So SIN considerar la varianza del tránsito	
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50	
So	0.36	Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Rígido		0.30 – 0.40	
Zr x So	-0.47	Colectoras		80 – 95		75 – 95				0.49	
		Locales		50 – 80		50 – 80				0.34	
2. Niveles de servicio						3. Tránsito					
PSI inicial		4.50		Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.			
PSI final		2.00									
Delta de PSI		2.50		Tipo de vía		Pavimento flexible		Pavimento rígido			
Función Gt		-0.033		Vías principales		PSI inicial		PSI final		PSI inicial	
				Vías secundarias		2.5		2.5		W ₁₈	
				Condición de falla		4.2		2.0		16,267,815	
						1.5		1.5		log (W ₁₈)	
										7.211	
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Calidad del drenaje		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%	
Coeficiente de drenaje		1.00		Excelente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10	
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00	
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90	
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80	
				Muy malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80		0.80 – 0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland	
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No	
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO				Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4	
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		2.5 – 3.1	
						Pavimento de concreto continuamente reforzado		NA		3.6 – 4.2	
										NA	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		7.00		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)		20.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _{sc} (psi/plg.)		298.75		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo de la capa rígida subyacente a la subrasante, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{sf} (psi/plg.)		298.75		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		298.75		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland						Calculado		Redondeado			
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		27.07		27			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40									
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		ESPACIAMIENTO (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/4"		45		30	
				DE AMARRE		5/8"		84		90	

Diseño del pavimento rígido caso S4 – T5

S4 = CBR 20%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So	
Zr	-1.282	Urbano		Rural		So considerando la varianza del tránsito		So SIN considerar la varianza del tránsito			
Desviación estándar total, So		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50		0.49	
SN	0.35	Arterias principales		75 – 95		Rígido		0.30 – 0.40		0.39	
Sw (del estudio de tránsito)	0.10	Colectoras		75 – 95							
So	0.36	Locales		50 – 80							
Zr x So	-0.47										
2. Niveles de servicio					3. Tránsito						
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido				W ₁₈		244,017,218	
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final			log (W ₁₈)		8.387	
Función Gt	-0.033	Vías principales	2.5	2.5	2.5						
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5						
		Condición de falla	1.5	1.5	1.5						
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido esté expuesta a humedades cercanas a la saturación									
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%					
Coefficiente de drenaje	1.00	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					
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90					
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80					
		May malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70					
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland					
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No					
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4		2.5 – 3.1		3.6 – 4.2	
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado		2.9 – 3.2		NA		2.3 – 2.9		NA	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		7.00		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)		20.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)		298.75		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{rf} (psi/plg.)		298.75		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		298.75		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Pórtland				Calculado		Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		41.04		41			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40									
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		ESPACIAMIENTO (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/2"		50		38	
				DE AMARRE		5/8"		90		90	

Diseño del pavimento rígido caso S5 – T2

S5 = CBR 6%

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%										
Zr	-1.282										
Desviación estándar total, So		Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		So considerando la varianza del tránsito	
SN	0.35	Urbano		Rural		Rango para la desviación estándar total, So		So SIN considerar la varianza del tránsito			
Sw (del estudio de tránsito)	0.00	Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50	
So	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Rígido		0.30 – 0.40	
Zr x So	-0.45	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
		Locales		50 – 80		50 – 80					
2. Niveles de servicio						3. Tránsito					
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido							
Delta de PSI	2.50	PSI Inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final						
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5					
		Vías secundarias		4.2		2.0		4.5		2.0	
		Condición de falla		1.5		1.5		1.5			
						W ₁₈		16,267,815			
						log (W ₁₈)		7.211			
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%	
Coeficiente de drenaje		1.00		Excelente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10	
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00	
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90	
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80	
				Muy malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80		0.80 – 0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Ancilada y de concreto de cemento Portland	
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No	
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO				Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4	
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.5 – 3.1		3.6 – 4.2	
						Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00				Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)	
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		9.80				Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0	
Espesor de la subbase (cm)		20.00				Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0	
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _{sc} (psi/plg.)		490.10				Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0	
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _{sf} (psi/plg.)		121.00				Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0	
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0				Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0	
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		490.10				Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0	
						Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0	
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado		Redondeado					
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		26.11		26			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm ²)		40									
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		ESPACIAMIENTO (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/4"		45		30	
				DE AMARRE		5/8"		82		90	

Diseño del pavimento rígido caso S5 – T3

S5 = CBR 30%

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS											
1. Confiabilidad											
Nivel de confianza (%)	90%										
Zr	-1.282										
Desviación estándar total, So		Clasificación funcional				Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento		Rango para la desviación estándar total, So	
SN	0.35	Urbano		Rural				So considerando la varianza del tránsito		So SIN considerar la varianza del tránsito	
Sw (del estudio de tránsito)	0.00	Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9		80 – 99.9		Flexible		0.40 – 0.50	
So	0.35	Arterias principales		80 – 99		75 – 95		Rígido		0.30 – 0.40	
Zr x So	-0.45	Colectoras		80 – 95		75 – 95					
		Locales		50 – 80		50 – 80					
2. Niveles de servicio						3. Tránsito					
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.					
PSI final	2.00	Pavimento flexible		Pavimento rígido							
Delta de PSI	2.50	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final						
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5					
		Vías secundarias		4.2		2.0		4.5		2.0	
		Condición de falla		1.5		1.5				W ₁₈	
										81,339,073	
										log (W ₁₈)	
										7.910	
4. Efecto del agua en el pavimento											
Calidad del drenaje		Bueno		% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%		Menos del 1%		1% - 5%		5% - 25%		Más del 25%	
Coeficiente de drenaje		1.00		Excelente		1.25 – 1.20		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10	
				Bueno		1.20 – 1.15		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00	
				Aceptable		1.15 – 1.10		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90	
				Malo		1.10 – 1.00		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80	
				May malo		1.00 – 0.90		0.90 – 0.80		0.80 – 0.70	
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)											
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Ancilada y de concreto de cemento Portland	
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No	
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO				Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4	
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.5 – 3.1		3.6 – 4.2	
						Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA	
								2.3 – 2.9		NA	
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación											
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm3)		12.00		Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)			
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm3)		9.80		Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0			
Espesor de la subbase (cm)		20.00		Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k _∞ (psi/plg.)		490.10		Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, D _{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]		121.00		Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0			
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k _r (psi/plg.)		490.10		Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0			
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0		Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0			
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		490.10		Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0			
7. Cálculo del espesor de losa necesario											
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado				Redondeado			
Módulo elástico, E _c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)				33.96			
Módulo de rotura, S _c (Kg/cm2)		40									
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		ESPACIAMIENTO (cm)	
				PASA JUNTA		1 1/2"		50		38	
				DE AMARRE		5/8"		90		90	

Diseño del pavimento rígido caso S5 – T4

S5 = CBR 30%

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS									
1. Confiabilidad									
Nivel de confianza (%)	90%	Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_o	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Z_r	-1.282			Urbano	Rural	Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Desviación estándar total, S_o		Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9	80 – 99.9	Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34
SN	0.35	Arterias principales		80 – 99	75 – 95				
Sw (del estudio de tránsito)	0.00	Colectoras		80 – 95	75 – 95				
S_o	0.35	Locales		50 – 80	50 – 80				
$Z_r \times S_o$	-0.45								
2. Niveles de servicio					3. Tránsito				
PSI inicial	4.50	Índice de servidabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.			
PSI final	2.00	Tipo de vía	Pavimento flexible	Pavimento rígido					
Delta de PSI	2.50		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W_{18}	162,678,145	
Función Gt	-0.033	Vías principales		2.5		2.5	$\log(W_{18})$	8.211	
		Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0			
		Condición de falla		1.5		1.5			
4. Efecto del agua en el pavimento									
Calidad del drenaje	Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación	30.0%	Calidad del drenaje	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%			
Coefficiente de drenaje	1.00	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			
		Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90			
		Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80			
		Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70			
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)									
Tipo de berma	Concreto asfáltico	Tipo de berma		Concreto asfáltico	Anclada y de concreto de cemento Portland				
Tipo de pavimento rígido	Concreto continuamente reforzado	Dispositivos de transmisión de carga		Sí	No	Sí	No		
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?	NO	Pavimentos con juntas		3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2		
Coefficiente de transmisión de carga sugerido (J)	3.20	Concreto simple o concreto reforzado							
		Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA		
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación									
Coefficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)	12.00	Tipo de material		Rango de E (ksi)	Pérdida de soporte (LS)				
Coefficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)	9.80	Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000	0.0 a 1.0				
Espesor de la subbase (cm)	20.00	Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000	0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k_{∞} (psi/plg.)	490.10	Base tratada con asfalto		350 a 1,000	0.0 a 1.0				
unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D_{SG} (plg.) [D _{SG} > 120 plg cuando no existe capa rígida]	121.00	Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300	0.0 a 1.0				
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k_{ij} (psi/plg.)	490.10	Estabilización con cal		20 a 70	1.0 a 3.0				
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)	0	Materiales granulares no tratados		15 a 45	1.0 a 3.0				
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)	490.10	Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40	2.0 a 3.0				
7. Cálculo del espesor de losa necesario									
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado	Redondeado				
Módulo elástico, E_c (psi)	3,605,058	Espesor de losa (centímetros)		37.87	38				
Módulo de rotura, S'_c (Kg/cm ²)	40								
		TIPO DE BARRA	DIAMETRO (")	LONGITUD (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)				
		PASAJUNTA	1 1/2"	50	38				
		DE AMARRE	5/8"	90	90				

Diseño del pavimento rígido caso S2 – T5

S2 = CBR 6%

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

Método AASHTO de 1993 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS										
1. Confiabilidad										
Nivel de confianza (%)	90%					Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, S_o	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito	
Zr	-1.282									Flexible
Desviación estándar total, S_o		Clasificación funcional		Confiabilidad recomendada (R: Reliability)		Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34	
SN	0.35			Urbano	Rural					
Sw (del estudio de tránsito)	0.00	Interestatales y otras autopistas		85 – 99.9	80 – 99.9					
So	0.35	Arterias principales		80 – 99	75 – 95					
Zr x So	-0.45	Colectoras		80 – 95	75 – 95					
		Locales		50 – 80	50 – 80					
2. Niveles de servicio					3. Tránsito					
PSI inicial	4.50	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)				Número de repeticiones de ejes del estándar AASHTO de 18 kips para pavimento rígido.				
PSI final	2.00	Tipo de vía		Pavimento flexible						Pavimento rígido
Delta de PSI	2.50	Vías principales		PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final	W_{18}	244,017,218	
Función Gt	-0.033	Vías secundarias		4.2	2.0	4.5	2.0	$\log(W_{18})$	8.387	
		Condición de falla		1.5	1.5					
4. Efecto del agua en el pavimento										
Calidad del drenaje		Bueno	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación							
Porcentaje del tiempo de exposición a humedades cercanas a la saturación		30.0%	Calidad del drenaje							
Coeficiente de drenaje		1.00			Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 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		
			Aceptable		1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90		
			Malo		1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80		
			Muy malo		1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70		
5. Efecto del tipo de berma y la existencia de dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (J)										
Tipo de berma		Concreto asfáltico				Tipo de berma		Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Portland
Tipo de pavimento rígido		Concreto continuamente reforzado				Dispositivos de transmisión de carga		Sí		No
¿Tiene dispositivos de transmisión de carga en las juntas transversales (dovelas)?		NO				Pavimentos con juntas		3.2		3.8 – 4.4
Coeficiente de transmisión de carga sugerido (J)		3.20				Concreto simple o concreto reforzado		2.5 – 3.1		3.6 – 4.2
						Pavimento de concreto continuamente reforzado		2.9 – 3.2		NA
								2.3 – 2.9		NA
6. Módulo efectivo de reacción de la subrasante por presencia de una subbase y un estrato rígido cercano al nivel de fundación										
Coeficiente de reacción de la subbase (Kg/cm ³)		12.00				Tipo de material		Rango de E (ksi)		Pérdida de soporte (LS)
Coeficiente de reacción de la subrasante (Kg/cm ³)		9.80				Base granular tratada con cemento		1,000 a 2,000		0.0 a 1.0
Espesor de la subbase (cm)		20.00				Mezclas de grava - cemento		500 a 1,000		0.0 a 1.0
Módulo compuesto de reacción de la subrasante, k_{rs} (psi/plg.)		490.10				Base tratada con asfalto		350 a 1,000		0.0 a 1.0
Unidad de la capa rígida subyacente a la subrasante, D_{36} (plg.) [$D_{36} > 120$ plg. cuando no existe capa rígida]		121.00				Mezclas estabilizadas con asfalto		40 a 300		0.0 a 1.0
Módulo compuesto de reacción de la subrasante ajustado por la capa rígida subyacente, k_{rf} (psi/plg.)		490.10				Estabilización con cal		20 a 70		1.0 a 3.0
Corrección por pérdida potencial de soporte por erosión o asentamiento, LS (l)		0				Materiales granulares no tratados		15 a 45		1.0 a 3.0
Módulo de reacción de la subrasante para diseño (psi/plg.)		490.10				Materiales de suelo fino o subrasante natural		3 a 40		2.0 a 3.0
7. Cálculo del espesor de losa necesario										
Propiedades del concreto de cemento Portland				Calculado		Redondeado				
Módulo elástico, E_c (psi)		3,605,058		Espesor de losa (centímetros)		40.09		40		
Módulo de rotura, S'_c (Kg/cm ²)		40								
				TIPO DE BARRA		DIAMETRO (")		LONGITUD (cm)		
				PASA JUNTA		1 1/2"		50		
				DE AMARRE		5/8"		90		

4.4 Matriz comparativa de pavimentos técnicamente equivalentes

		PAVIMENTO FLEXIBLE					PAVIMENTO RIGIDO				
CBR IMDA		3%	6%	10%	20%	30%	3%	6%	10%	20%	30%
		200						BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 82cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 80cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 80cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 80cm @ 90cm
400						BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 85cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 84cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 84cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/4" x 45cm @ 30cm BA: 5/8" x 82cm @ 90cm 	
2000						BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	
4000						BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	
6000						BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	BPJ: 1 1/2" x 50cm @ 38cm BA: 5/8" x 90cm @ 90cm 	

C R CARPETA DE RODADURA
 B BASE GRANULAR
 S R SUB BASE GRANULAR

BPJ BARRAS PASA JUNTAS
 BA BARRAS DE AMARRE
 DiametroxLongitud @Espaciamento
 Las juntas transversales @ 4.5 m

4.5 Calculo de costos de los pavimentos técnicamente equivalentes

4.5.1 Consideraciones generales para el cálculo de costos

Para la elaboración de costos de construcción inicial se han utilizados precios actualizados a Septiembre 2018, los respectivos análisis de precios unitarios de cada partida considerada se encuentran en los anexos. Los costos de conservación durante el ciclo de vida se elaboraron a partir de información proporcionada por Provias Nacional. Los costos se elaboraron por metro lineal de carretera, para una vía de una calzada y dos carriles de 3.6 m de ancho cada una, que presentan un bombeo de 2%.

Se asume que las carreteras a pavimentar serán de gran longitud de manera que resulte considerable y se requiera la instalación de plantas de asfalto en caliente y concreto, que además los procedimientos constructivos se puedan realizar con pavimentadoras de asfalto y concreto debido a que se trata de carreteras de gran extensión.

Las partidas para elaborar los costos de construcción inicial se toman en cuenta desde que la carretera se encuentra con las explanaciones realizadas al nivel de la subrasante. Solo se incluye costos de la estructura del pavimento, no se consideran los trabajos preliminares ni las obras complementarias como: bermas, cunetas, estructuras de drenaje, señalización, etc. Ya que se consideran similares para ambas alternativas de pavimentación, de manera que la comparación de costos no será absoluta sino relativa.

Las secciones tipo con las que se cuantificaron los metrados de cada alternativa de pavimentación se muestran a continuación:

SECCIÓN TIPO - PAVIMENTO FLEXIBLE

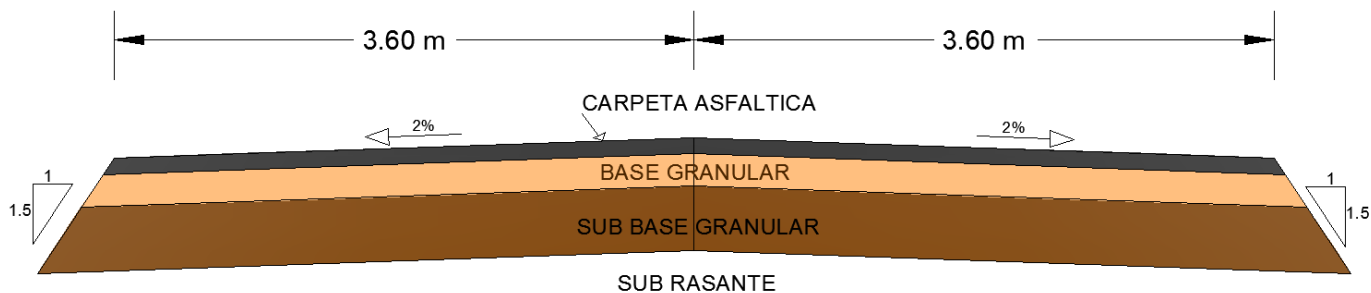


Figura 41. Sección transversal típica para los pavimentos flexibles.

SECCIÓN TIPO - PAVIMENTO FLEXIBLE

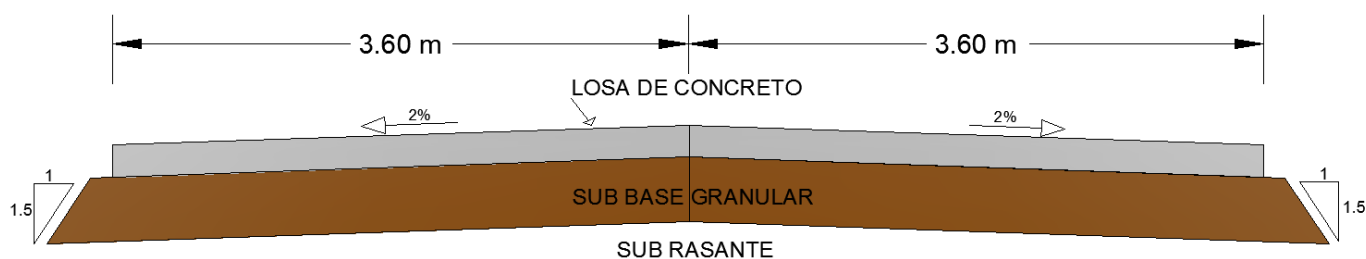


Figura 42. Sección transversal típica para los pavimentos rígidos.

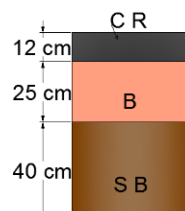
4.5.2 Calculo de costos en los pavimentos flexibles

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	12
BASE GRANULAR	25
SUB BASE GRANULAR	40



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.74	2.25	19.64
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.22	89.58	288.83
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.87	126.89	237.08
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.33	4.67	34.24
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.33	4.24	31.11
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.87	467.34	407.54
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,070.87

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

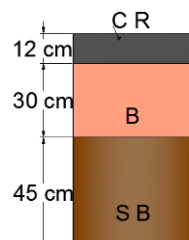
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,560.75
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	12
BASE GRANULAR	30
SUB BASE GRANULAR	45



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.94	2.25	20.09
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.68	89.58	329.44
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.25	126.89	285.56
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.33	4.67	34.24
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.33	4.24	31.11
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.87	467.34	407.54
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,160.41

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

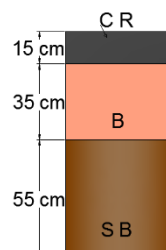
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,650.29
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	15
BASE GRANULAR	35
SUB BASE GRANULAR	55



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.30	2.25	20.90
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.61	89.58	412.56
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.65	126.89	335.89
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.37	4.67	34.39
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.37	4.24	31.26
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	1.09	467.34	510.61
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,398.03

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	30053.81	601.0762
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 601.08

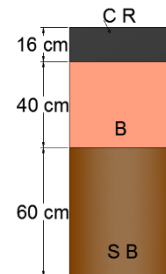
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,999.10
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	16
BASE GRANULAR	40
SUB BASE GRANULAR	60



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.52	2.25	21.40
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	5.10	89.58	456.67
1.03	BASE GRANULAR	m3	3.04	126.89	385.86
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.38	4.67	34.44
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.38	4.24	31.30
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	1.17	467.34	545.06
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,527.16

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	33033.94	660.6788
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 660.68

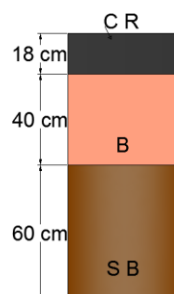
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 2,187.84
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	18
BASE GRANULAR	40
SUB BASE GRANULAR	60



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.56	2.25	21.49
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	5.11	89.58	457.88
1.03	BASE GRANULAR	m3	3.05	126.89	386.99
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.40	4.67	34.55
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.40	4.24	31.40
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	1.31	467.34	614.14
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,598.86

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	36070.14	721.4028
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 721.40

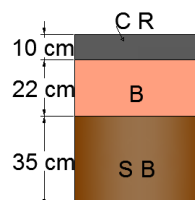
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 2,320.27
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	10
BASE GRANULAR	22
SUB BASE GRANULAR	35



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.54	2.25	19.19
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.78	89.58	249.22
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.64	126.89	207.54
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.31	4.67	34.13
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.31	4.24	31.02
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.73	467.34	339.10
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 932.62

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

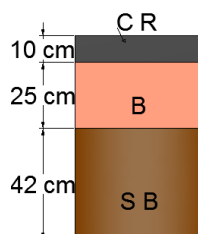
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,422.50
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	10
BASE GRANULAR	25
SUB BASE GRANULAR	42



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.74	2.25	19.64
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.39	89.58	303.27
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.86	126.89	236.37
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.31	4.67	34.13
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.31	4.24	31.02
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.73	467.34	339.10
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,015.96

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

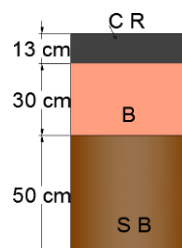
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,505.84
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	13
BASE GRANULAR	30
SUB BASE GRANULAR	50



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.06	2.25	20.36
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.12	89.58	369.04
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.25	126.89	285.99
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.35	4.67	34.29
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.35	4.24	31.16
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.95	467.34	441.85
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,235.11

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	30053.81	601.0762
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 601.08

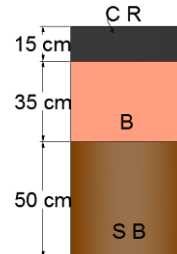
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,836.19
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	15
BASE GRANULAR	35
SUB BASE GRANULAR	50



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.20	2.25	20.68
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.16	89.58	372.55
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.65	126.89	335.89
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.37	4.67	34.39
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.37	4.24	31.26
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	1.09	467.34	510.61
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,357.79

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	33033.94	660.6788
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 660.68

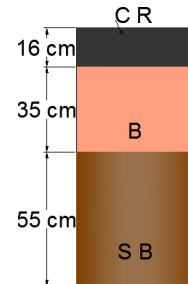
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 2,018.47
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	16
BASE GRANULAR	35
SUB BASE GRANULAR	55



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.32	2.25	20.95
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.61	89.58	413.11
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.65	126.89	336.38
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.38	4.67	34.44
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.38	4.24	31.30
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	1.17	467.34	545.06
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,433.68

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	36070.14	721.4028
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 721.40

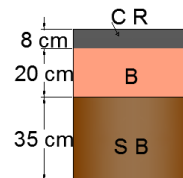
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 2,155.08
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	8
BASE GRANULAR	20
SUB BASE GRANULAR	35



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.46	2.25	19.01
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.77	89.58	247.82
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.48	126.89	187.82
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.29	4.67	34.03
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.29	4.24	30.92
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.58	467.34	270.86
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 842.89

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

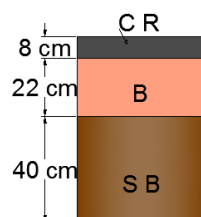
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,332.77
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	8
BASE GRANULAR	22
SUB BASE GRANULAR	35



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.50	2.25	19.10
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.77	89.58	248.52
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.63	126.89	206.92
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.29	4.67	34.03
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.29	4.24	30.92
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.58	467.34	270.86
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 862.77

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

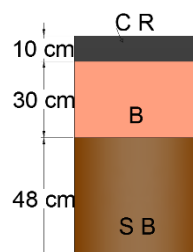
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,352.65
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	10
BASE GRANULAR	30
SUB BASE GRANULAR	48



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.96	2.25	20.14
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.93	89.58	351.88
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.24	126.89	284.71
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.31	4.67	34.13
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.31	4.24	31.02
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.73	467.34	339.10
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,113.40

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	30053.81	601.0762
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 601.08

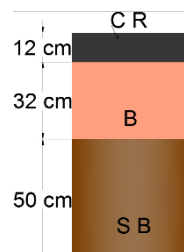
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,714.48
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	12
BASE GRANULAR	32
SUB BASE GRANULAR	50



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.08	2.25	20.41
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.13	89.58	369.54
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.40	126.89	305.05
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.33	4.67	34.24
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.33	4.24	31.11
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.87	467.34	407.54
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,220.32

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	33033.94	660.6788
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 660.68

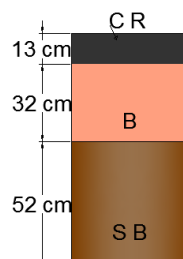
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,881.00
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	13
BASE GRANULAR	32
SUB BASE GRANULAR	52



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.14	2.25	20.54
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	4.31	89.58	385.89
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.41	126.89	305.51
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.35	4.67	34.29
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.35	4.24	31.16
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.95	467.34	441.85
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,271.66

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	36070.14	721.4028
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 721.40

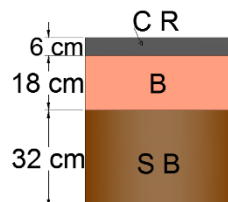
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,993.06
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 20 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	6
BASE GRANULAR	18
SUB BASE GRANULAR	32



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.32	2.25	18.70
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.50	89.58	224.33
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.33	126.89	168.27
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.27	4.67	33.92
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.27	4.24	30.83
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.43	467.34	202.83
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 731.31

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

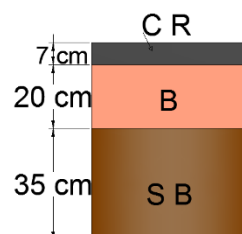
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,221.19
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 20 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	7
BASE GRANULAR	20
SUB BASE GRANULAR	35



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.44	2.25	18.97
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.76	89.58	247.47
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.48	126.89	187.54
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.28	4.67	33.97
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.28	4.24	30.88
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.51	467.34	236.82
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 808.07

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

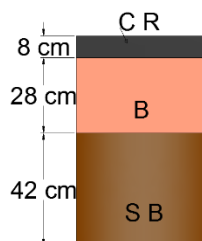
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,297.95
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 20 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	8
BASE GRANULAR	28
SUB BASE GRANULAR	42



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.76	2.25	19.69
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.39	89.58	303.69
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.08	126.89	264.54
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.29	4.67	34.03
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.29	4.24	30.92
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.58	467.34	270.86
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 976.15

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	30053.81	601.0762
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 601.08

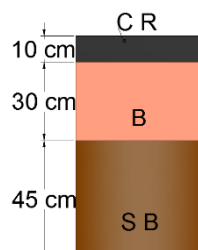
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,577.23
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 20 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	10
BASE GRANULAR	30
SUB BASE GRANULAR	45



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.90	2.25	20.00
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.67	89.58	328.53
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.24	126.89	284.71
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.31	4.67	34.13
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.31	4.24	31.02
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.73	467.34	339.10
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,089.92

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	33033.94	660.6788
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 660.68

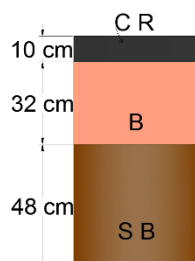
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,750.60
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 20 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	10
BASE GRANULAR	32
SUB BASE GRANULAR	48



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	9.00	2.25	20.23
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.94	89.58	352.84
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.40	126.89	304.15
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.31	4.67	34.13
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.31	4.24	31.02
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.73	467.34	339.10
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,133.89

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	36070.14	721.4028
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 721.40

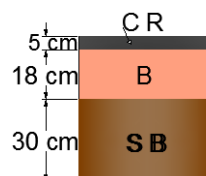
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,855.29
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 30 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	5
BASE GRANULAR	18
SUB BASE GRANULAR	30



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.26	2.25	18.56
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.34	89.58	209.41
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.32	126.89	168.02
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.26	4.67	33.87
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.26	4.24	30.78
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.36	467.34	168.90
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 681.96

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

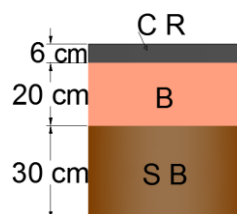
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,171.84
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 30 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	6
BASE GRANULAR	20
SUB BASE GRANULAR	30



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.32	2.25	18.70
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.35	89.58	210.31
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.48	126.89	187.25
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.27	4.67	33.92
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.27	4.24	30.83
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.43	467.34	202.83
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 736.27

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	24494.05	489.881
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 489.88

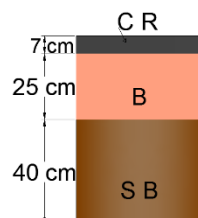
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,226.15
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 30 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	7
BASE GRANULAR	25
SUB BASE GRANULAR	40



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.64	2.25	19.42
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.20	89.58	286.82
1.03	BASE GRANULAR	m3	1.85	126.89	235.31
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.28	4.67	33.97
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.28	4.24	30.88
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.51	467.34	236.82
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 895.65

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	30053.81	601.0762
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 601.08

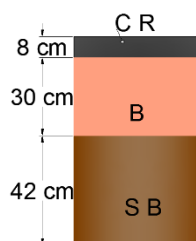
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,496.72
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 30 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	8
BASE GRANULAR	30
SUB BASE GRANULAR	42



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.80	2.25	19.78
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.40	89.58	304.53
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.24	126.89	283.86
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.29	4.67	34.03
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.29	4.24	30.92
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.58	467.34	270.86
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 996.40

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	33033.94	660.6788
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 660.68

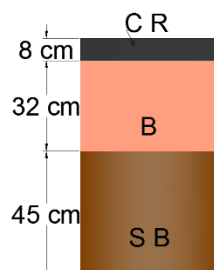
COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,657.08
--	---------------------

Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S4 = CBR 30 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	8
BASE GRANULAR	32
SUB BASE GRANULAR	45



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.90	2.25	20.00
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	3.67	89.58	328.53
1.03	BASE GRANULAR	m3	2.39	126.89	303.24
1.04	IMPRIMACIÓN	m2	7.29	4.67	34.03
1.05	RIEGO DE LIGA	m2	7.29	4.24	30.92
1.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	m3	0.58	467.34	270.86
1.07	SELLO ASFALTICO	m2	7.20	7.28	52.43
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,040.01

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	Años	20	36070.14	721.4028
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 721.40

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,761.41
--	---------------------

4.5.3 Calculo de costos en los pavimentos rígidos

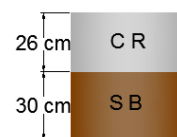
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPEJOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	26
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	82	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.32	2.25	18.70
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.35	89.58	210.31
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.41	3.73	5.26
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.87	470.56	880.88
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,223.93

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,333.38
--	---------------------

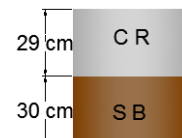
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	29
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.38	2.25	18.83
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.36	89.58	211.21
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.09	470.56	982.52
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,327.12

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,436.57
--	---------------------

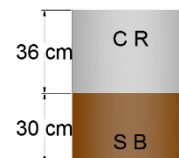
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	36
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.52	2.25	19.15
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.38	89.58	213.31
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.59	470.56	1219.68
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,577.45

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,686.89
--	---------------------

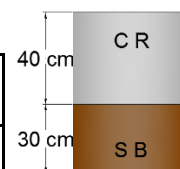
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	40
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.60	2.25	19.33
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.39	89.58	214.52
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.88	470.56	1355.20
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,714.35

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7193.14	143.8628
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 143.86

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,858.21
--	---------------------

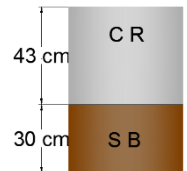
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S1 = CBR 3 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	43
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.66	2.25	19.46
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.40	89.58	215.42
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	3.10	470.56	1456.84
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,817.03

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7268.415	145.3683
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 145.37

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,962.39
--	---------------------

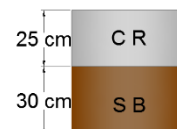
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	25
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	80	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.30	2.25	18.65
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.34	89.58	210.01
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.38	3.73	5.13
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.80	470.56	847.00
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,189.58

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,299.02

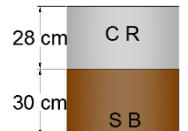
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	28
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	85	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.36	2.25	18.79
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.35	89.58	210.91
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.46	3.73	5.45
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.02	470.56	948.64
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,292.58

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA : S/. 1,402.02

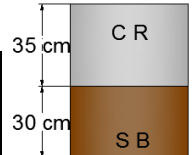
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPEJOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	35
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.50	2.25	19.10
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.38	89.58	213.01
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.52	470.56	1185.80
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,543.22

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,652.66

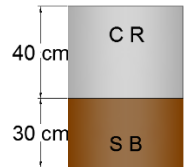
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	40
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.60	2.25	19.33
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.39	89.58	214.52
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.88	470.56	1355.20
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,714.35

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7193.14	143.8628
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 143.86

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,858.21
--	---------------------

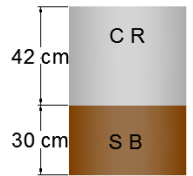
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S2 = CBR 6 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	42
SUB BASE GRANULAR	30

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.64	2.25	19.42
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	2.40	89.58	215.12
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.61	3.73	5.99
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	3.02	470.56	1422.96
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,783.02

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7268.415	145.3683
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 145.37

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,928.39
--	---------------------

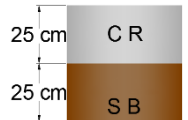
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	25
SUB BASE GRANULAR	25

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	80	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.20	2.25	18.43
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.94	89.58	173.76
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.38	3.73	5.13
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.80	470.56	847.00
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,153.10

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,262.54
--	---------------------

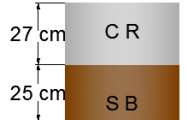
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	27
SUB BASE GRANULAR	25

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	84	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.24	2.25	18.52
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.95	89.58	174.26
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.45	3.73	5.39
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.94	470.56	914.76
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,221.71

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,331.15
--	---------------------

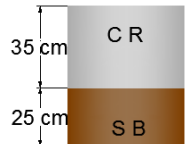
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	35
SUB BASE GRANULAR	25

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.40	2.25	18.88
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.97	89.58	176.26
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.52	470.56	1185.80
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,506.24

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,615.69
--	---------------------

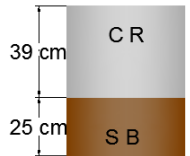
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	39
SUB BASE GRANULAR	25

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.48	2.25	19.06
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.98	89.58	177.26
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.81	470.56	1321.32
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,642.95

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7193.14	143.8628
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 143.86

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,786.81
--	---------------------

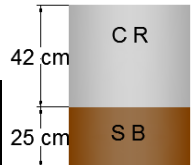
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

S3 = CBR 10 %

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	42
SUB BASE GRANULAR	25

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.54	2.25	19.19
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.99	89.58	178.01
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.61	3.73	5.99
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	3.02	470.56	1422.96
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,745.69

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7268.415	145.3683
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 145.37

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,891.06
--	---------------------

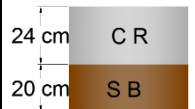
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

S4 = CBR 20 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	24
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	80	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.08	2.25	18.16
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.54	89.58	137.80
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.38	3.73	5.13
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.73	470.56	813.12
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,083.00

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,192.44
--	---------------------

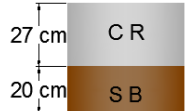
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

S4 = CBR 20 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	27
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	84	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.14	2.25	18.29
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.55	89.58	138.40
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.45	3.73	5.39
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.94	470.56	914.76
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,185.63

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,295.07
--	---------------------

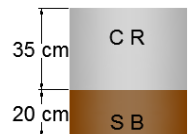
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

S4 = CBR 20 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	35
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.30	2.25	18.65
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.56	89.58	140.01
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.52	470.56	1185.80
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,469.77

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,579.21

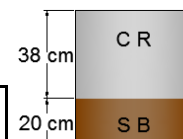
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

S4 = CBR 20 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	38
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.36	2.25	18.79
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.57	89.58	140.61
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.74	470.56	1287.44
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,572.14

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7193.14	143.8628
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 143.86

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,716.00
--	---------------------

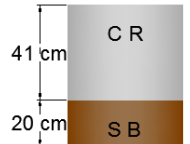
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

S4 = CBR 20 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	41
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.42	2.25	18.92
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.58	89.58	141.21
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.61	3.73	5.99
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.95	470.56	1389.08
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,674.74

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7268.415	145.3683
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 145.37

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,820.10

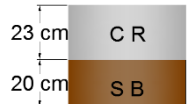
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T1 = 200 VEH. PESADOS POR DÍA

S5 = CBR 30 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	23
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	76	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.06	2.25	18.11
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.54	89.58	137.60
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.31	3.73	4.88
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.66	470.56	779.24
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,048.62

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,158.06
--	---------------------

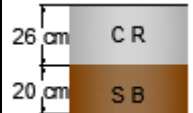
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T2 = 400 VEH. PESADOS POR DÍA

S5 = CBR 30 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	26
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/4"	45	30
AMARRE	5/8"	82	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.12	2.25	18.25
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.54	89.58	138.20
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	8.36	4.55	37.98
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.41	3.73	5.26
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	1.87	470.56	880.88
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,151.38

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,260.82
--	---------------------

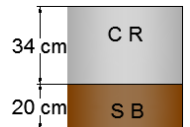
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T3 = 2000 VEH. PESADOS POR DÍA

S5 = CBR 30%

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	34
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.28	2.25	18.61
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.56	89.58	139.81
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.45	470.56	1151.92
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,435.64

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	5472.075	109.4415
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 109.44

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,545.08

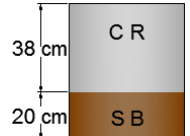
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T4 = 4000 VEH. PESADOS POR DÍA

S5 = CBR 30 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	38
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	8.36	2.25	18.79
1.02	SUB BASE GRANULAR	m3	1.57	89.58	140.61
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.55	3.73	5.78
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.74	470.56	1287.44
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,572.14

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7193.14	143.8628
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 143.86

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :	S/. 1,716.00
--	---------------------

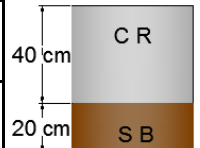
Costos del pavimento diseñado para las siguientes condiciones:

T5 = 6000 VEH. PESADOS POR DÍA

S5 = CBR 30 %

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO	40
SUB BASE GRANULAR	20

BARRA	DIAM. (")	LONG. (cm)	ESPACIAM.(cm)
PASA JUNTA	1 1/2"	50	38
AMARRE	5/8"	90	90



PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN INICIAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	PAVIMENTO RIGIDO				
1.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE SUB BASE	m2	8.40	2.25	18.88
1.02	GRANULAR	m3	1.57	89.58	141.01
1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS	KG	10.72	4.55	48.73
1.04	BARRAS DE AMARRE	KG	1.61	3.73	5.99
1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr = 40 Kg/cm2	M3	2.88	470.56	1355.20
1.06	JUNTA LONITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN	ML	1.00	5.20	5.20
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN	ML	7.20	6.50	46.79
1.08	ALISADO Y ACABADO DE SUPERFICIE	m2	7.20	0.83	5.99
1.09	TEXTURIZADO Y CURADO DEL CONCRETO	m2	7.20	1.78	12.83
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 1,640.61

PRESUPUESTO DE CONSERVACIÓN EN EL CICLO DE VIDA

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Metrado	Costo Anual (S/ x Km)	Parcial (S/.)
1.00	CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO RIGIDO	Años	20	7268.415	145.3683
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL:					S/. 145.37

COSTO TOTAL EN EL CICLO DE VIDA :

S/. 1,785.98

4.6 Matriz comparativa de costos

Teniendo los costos de cada paquete de pavimento técnicamente equivalente, se ordena en la matriz de costos.

		COSTOS DE CONSTRUCCIÓN INICIAL POR METRO LINEAL (S/. x m.)									
		PAVIMENTOS FLEXIBLES					PAVIMENTOS RIGIDOS				
IMDA \ CBR		3%	6%	10%	20%	30%	3%	6%	10%	20%	30%
T1 = 200		1070.87	932.62	842.89	731.31	681.96	1223.93	1189.58	1153.10	1083.00	1048.62
T2 = 400		1160.41	1015.96	862.77	808.07	736.27	1327.12	1292.58	1221.71	1185.63	1151.38
T3 = 2000		1398.03	1235.11	1113.40	976.15	895.65	1577.45	1543.22	1506.24	1469.77	1435.64
T4 = 4000		1527.16	1357.79	1220.32	1089.92	996.40	1714.35	1714.35	1642.95	1572.14	1572.14
T5 = 6000		1598.86	1433.68	1271.66	1133.89	1040.01	1817.03	1783.02	1745.69	1674.74	1640.61

Tabla 20. Matriz comparativa de costos de construcción inicial.

Fuente: Elaboración propia.

		COSTOS DE CONSTRUCCIÓN INICIAL POR METRO LINEAL (S/. x m.)									
		PAVIMENTOS FLEXIBLES					PAVIMENTOS RIGIDOS				
IMDA \ CBR		3%	6%	10%	20%	30%	3%	6%	10%	20%	30%
T1 = 200		1560.75	1422.50	1332.77	1221.19	1171.84	1333.38	1299.02	1262.54	1192.44	1158.06
T2 = 400		1650.29	1505.84	1352.65	1297.95	1226.15	1436.57	1402.02	1331.15	1295.07	1260.82
T3 = 2000		1999.10	1836.19	1714.48	1577.23	1496.72	1686.89	1652.66	1615.69	1579.21	1545.08
T4 = 4000		2187.84	2018.47	1881.00	1750.60	1657.08	1858.21	1858.21	1786.81	1716.00	1716.00
T5 = 6000		2320.27	2155.08	1993.06	1855.29	1761.41	1962.39	1928.39	1891.06	1820.10	1785.98

Tabla 21. Matriz comparativa de costos en el ciclo de vida.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis comparativo en los paquetes estructurales

A partir de los diseños de paquetes estructurales técnicamente equivalentes, como parte de la comparación técnica se puede realizar gráficos de la variabilidad de espesores de las capas en los distintos niveles de tráfico y para los diferentes tipos de soporte del suelo de fundación (CBR).

5.1.1 Análisis comparativo en las capas de pavimentos flexibles

Se puede observar en los gráficos que los espesores incrementan a medida que el CBR del suelo de fundación disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de espesores presenta mayor variación por la disminución del CBR de la subrasante que por el aumento del tráfico.

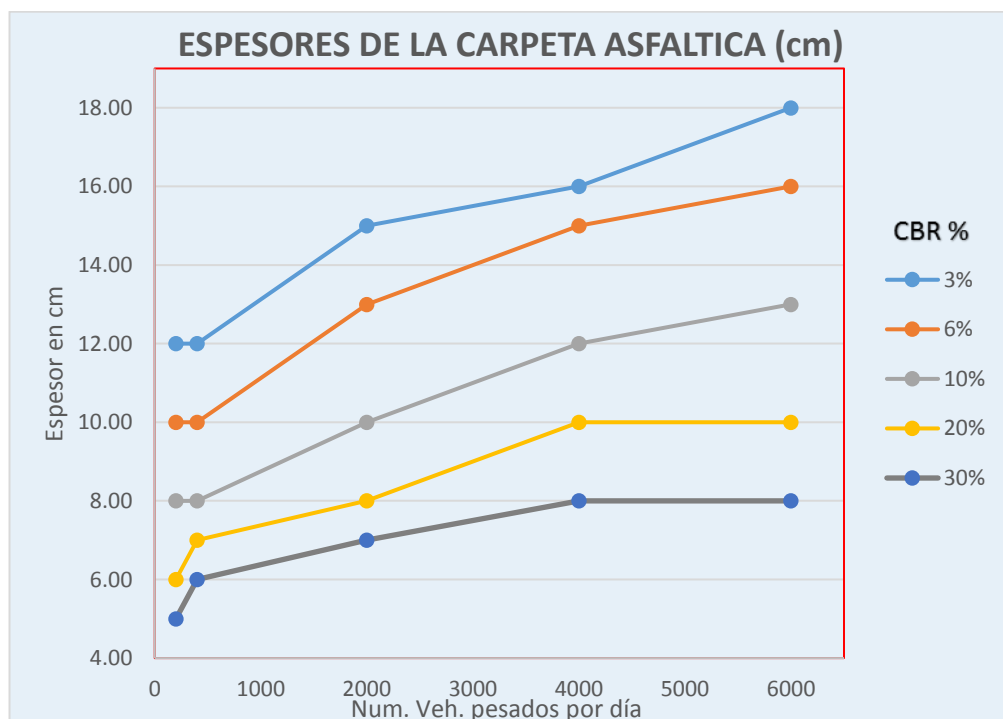


Grafico 12. Espesores de la carpeta asfáltica.

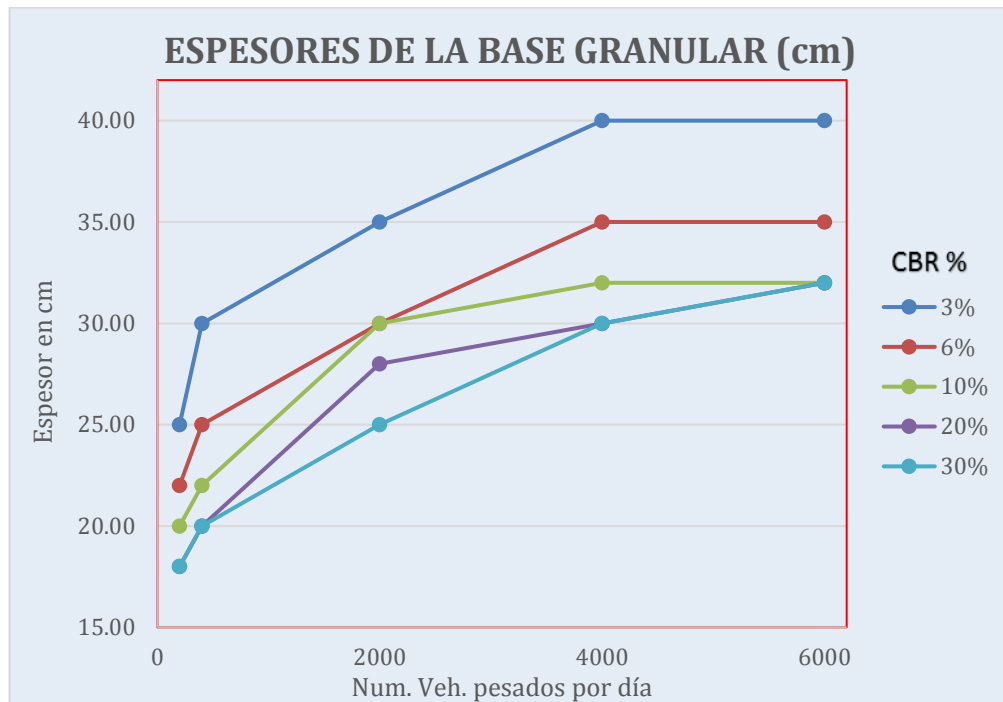


Grafico 13. Espesores de la base granular.

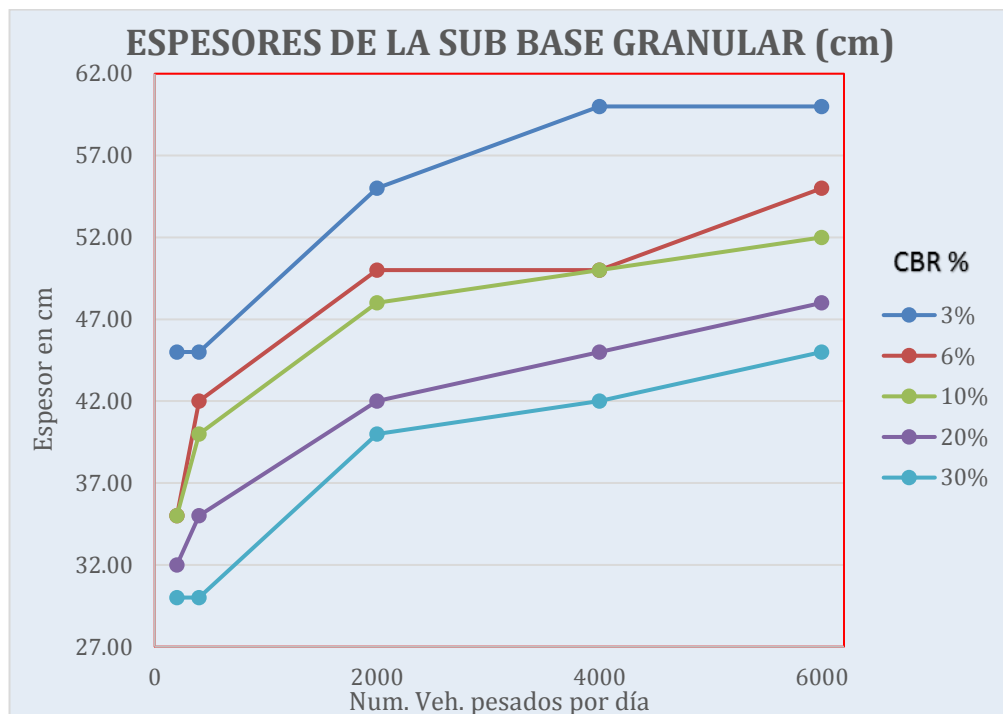


Grafico 14. Espesores de la sub base granular.

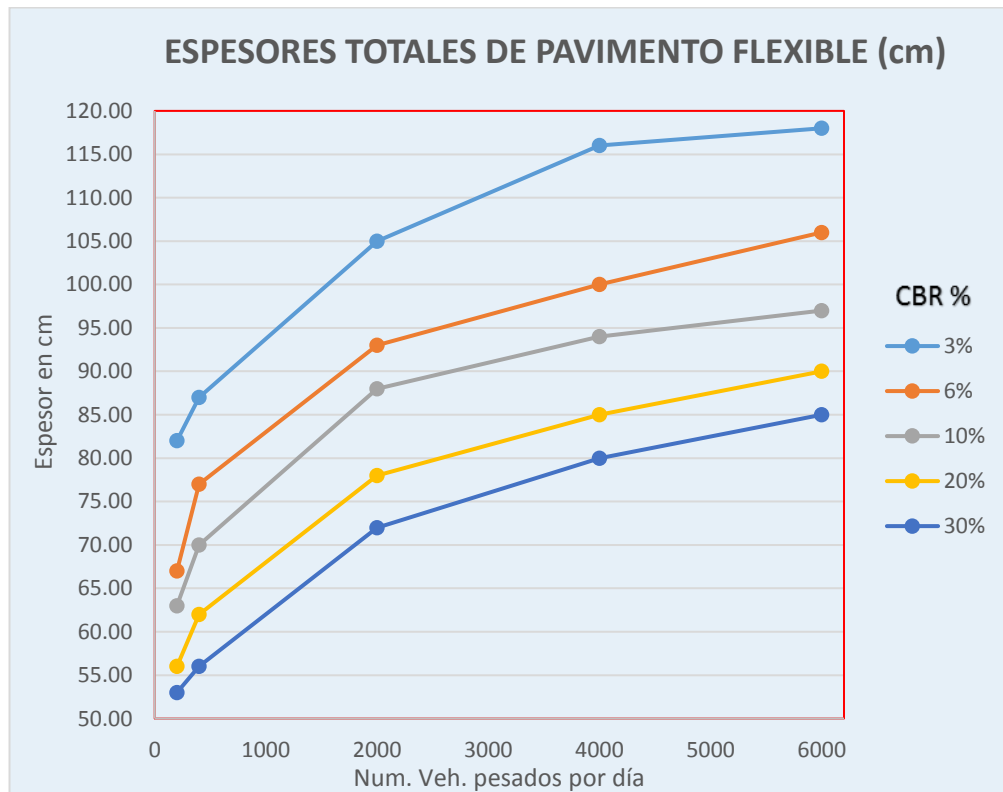


Grafico 15. Espesores totales de la estructura de pavimento flexible.

5.1.1 Análisis comparativo en las capas de pavimentos rígidos

Se puede observar en los gráficos que los espesores se incrementan a medida que el CBR disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de espesores presenta mayor variación por el aumento del tráfico que por la disminución del CBR de la subrasante.

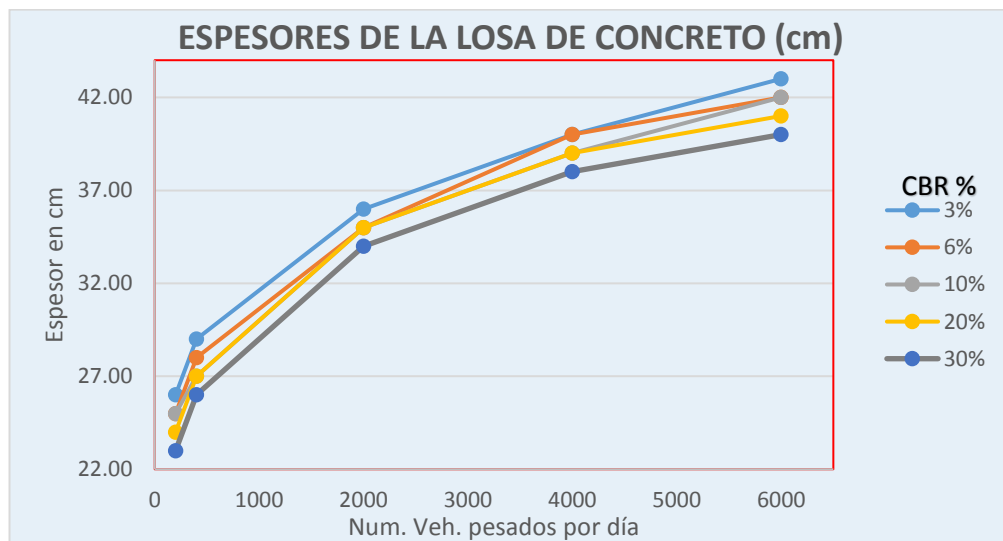


Gráfico 16. Espesores de la losa de concreto.

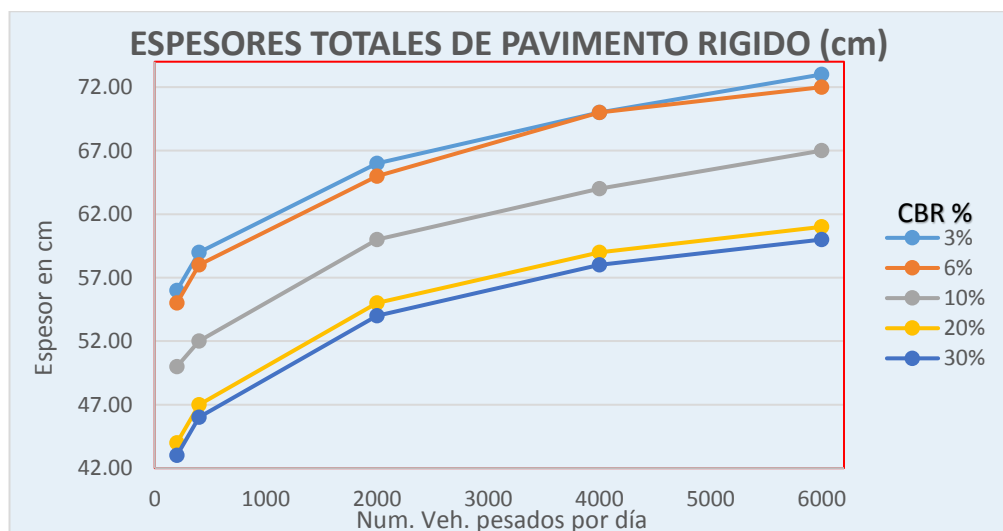


Gráfico 17. Espesores totales de la estructura de pavimento rígido.

5.2 Comparación de costos en las alternativas de pavimentación

A partir del cálculo de costos en los paquetes estructurales técnicamente equivalentes, como parte de la comparación económica se puede realizar gráficos de la variabilidad de costos de los pavimentos en los distintos niveles de tráfico y para los diferentes tipos de soporte del suelo de fundación (CBR).

5.2.1 Análisis comparativo de costos de construcción inicial

Se puede observar en el siguiente gráfico que los costos de construcción inicial de los pavimentos flexibles incrementan a medida que el CBR del suelo de fundación disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de costos presenta mayor variación por la disminución del CBR de la subrasante que por el aumento del tráfico.

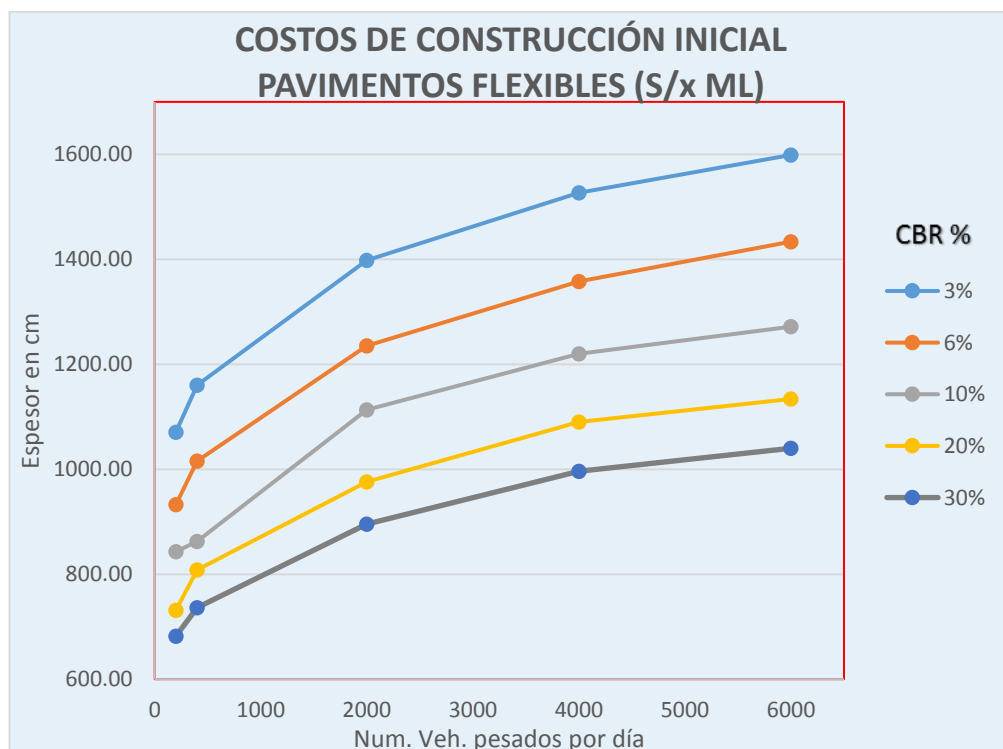


Grafico 18. Costos de construcción inicial de los pavimentos flexibles.

Se puede observar en el siguiente gráfico que los costos de construcción inicial de los pavimentos rígidos incrementan a medida que el CBR del suelo de fundación disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de costos presenta mayor variación por el aumento del tráfico que por la disminución del CBR de la subrasante.

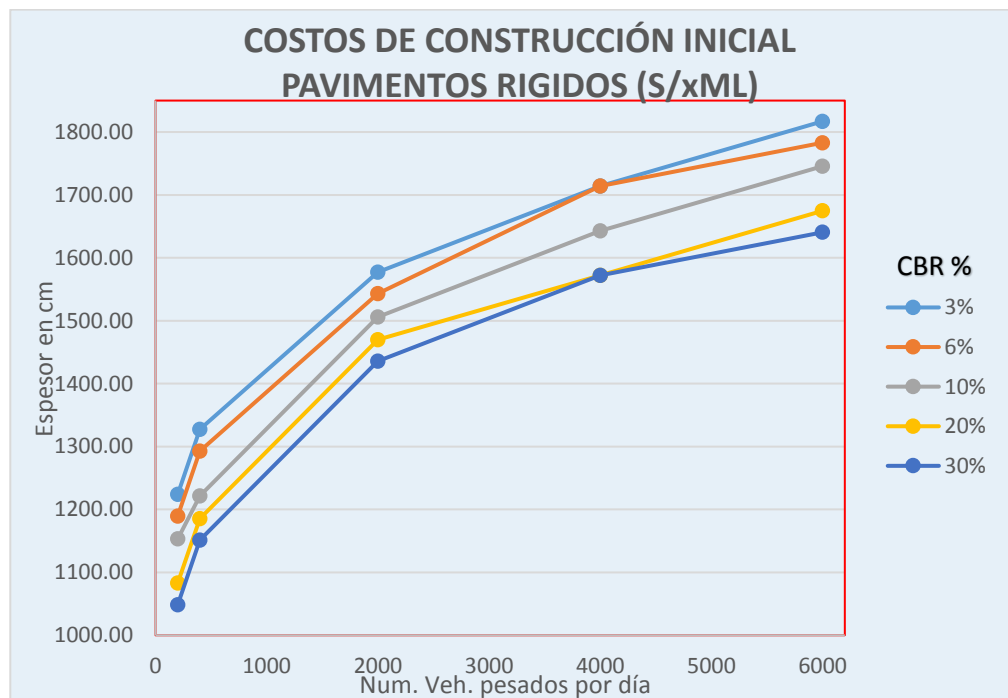


Gráfico 19. Costos de construcción inicial de los pavimentos rígidos.

5.2.2 Análisis comparativo de costos en el ciclo de vida

Se puede observar en el siguiente gráfico que los costos en el ciclo de vida de los pavimentos flexibles incrementan a medida que el CBR del suelo de fundación disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de costos presenta mayor variación por la disminución del CBR de la subrasante que por el aumento del tráfico. Debido a que las curvas se encuentran más juntas entre sí, se puede decir que la variación de costos en el ciclo de vida por la disminución de CBR es menor que de la variación que existe entre los costos de construcción inicial por la disminución del CBR.

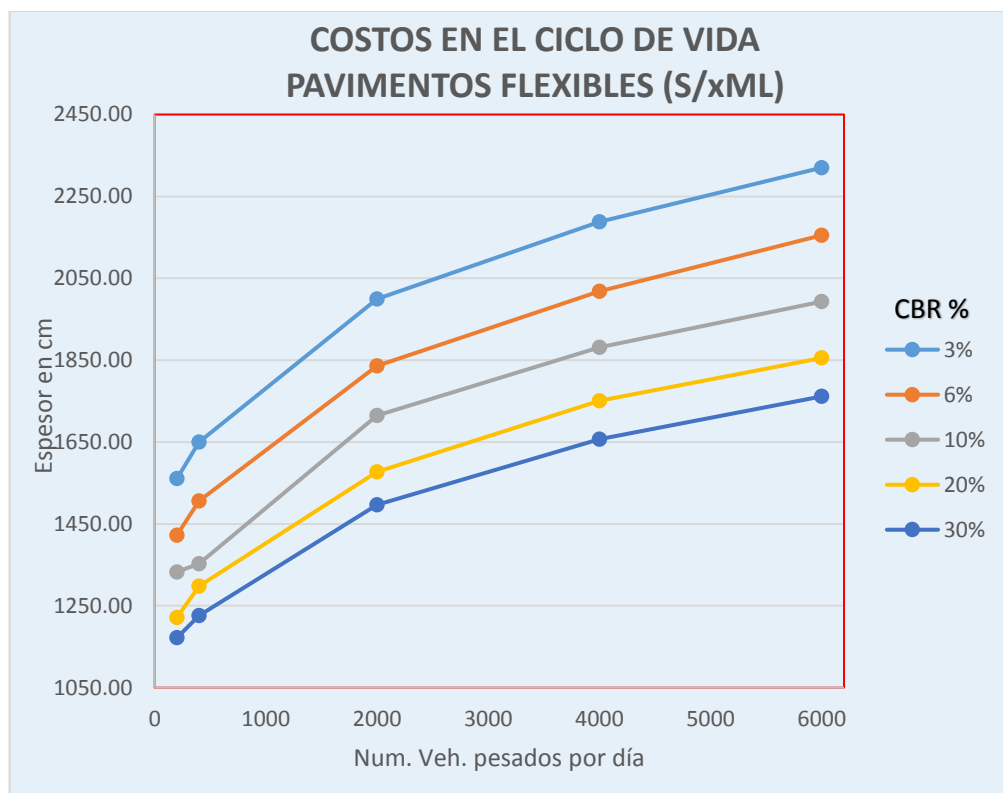


Grafico 20. Costos en el ciclo de vida de los pavimentos flexibles.

Se puede observar en el siguiente gráfico que los costos en el ciclo de vida de los pavimentos rígidos incrementan a medida que el CBR del suelo de fundación disminuye y el tráfico aumenta, pero el incremento de costos presenta mayor variación por el aumento del tráfico que por la disminución del CBR de la subrasante.

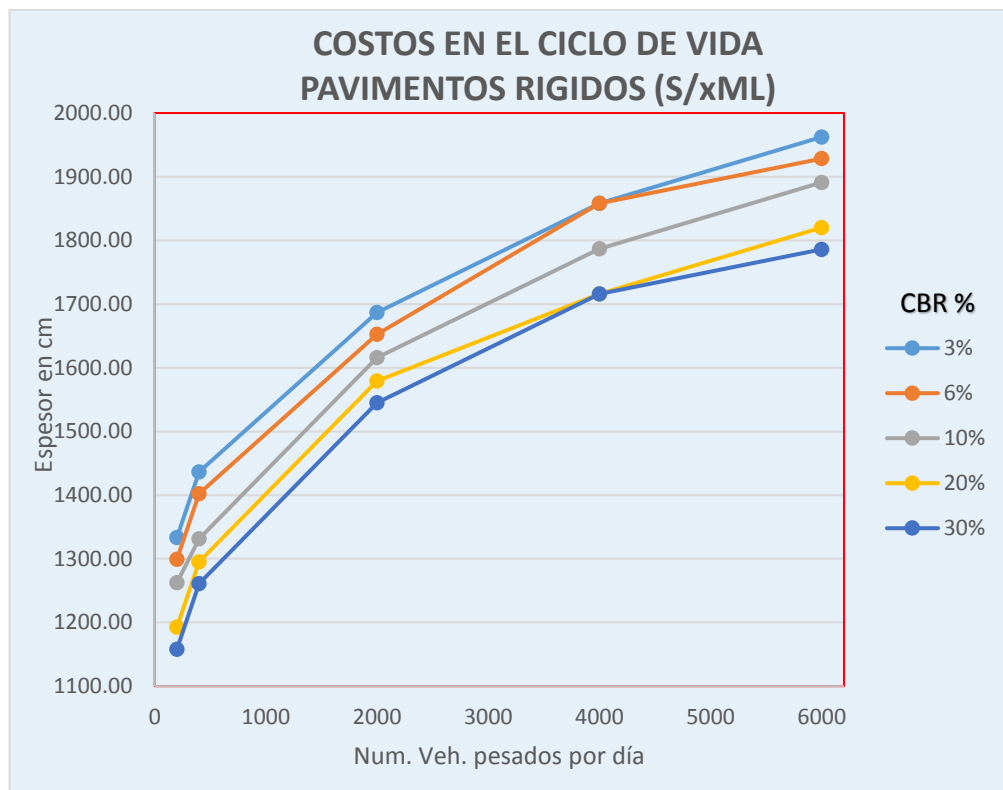


Grafico 21. Costos en el ciclo de vida de los pavimentos rígidos.

5.2.3 Análisis comparativo en las alternativas de pavimentación

Finalmente se puede comparar costos entre ambas alternativas de pavimentación, tanto en construcción inicial como en costos en el ciclo de vida. Mediante la relación de costos entre ambas alternativas de pavimentación (Pav. rígido / Pav. flexible) se obtiene los siguientes gráficos comparativos que resultan ser los más importantes de la presente investigación.

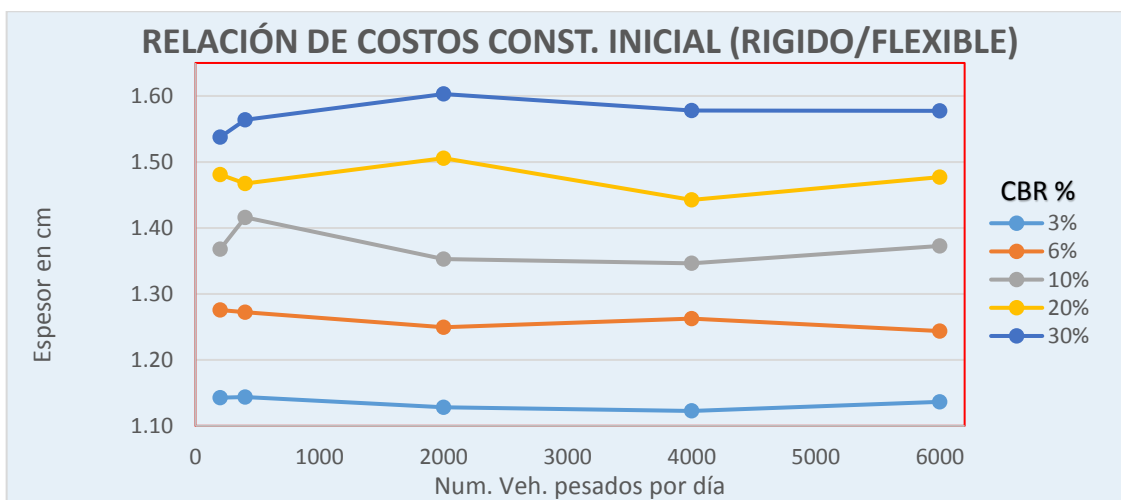


Grafico 22. Relación de costos de construcción inicial.

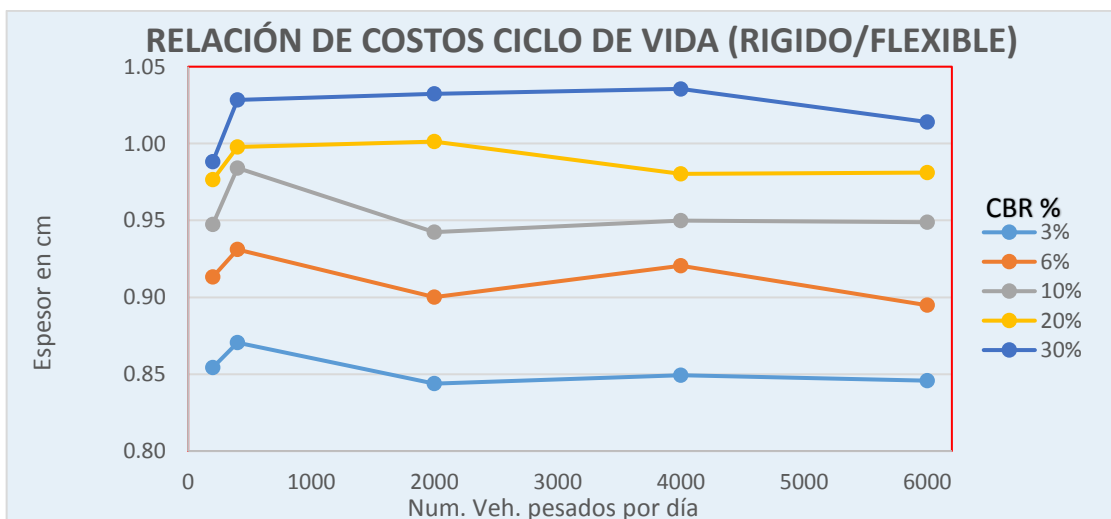


Grafico 23. Relación de costos en el ciclo de vida.

5.3 Beneficios en el uso de ambas alternativas de pavimentación

5.3.1 Beneficios de un pavimento rígido sobre uno flexible

En general el pavimento de concreto es reconocido por su larga durabilidad y resistencia, llegando a tener costos de mantenimiento mucho menores que los incurridos en la alternativa equivalente de pavimento asfáltico, no solo por los trabajos en los que incurre para realizar el mantenimiento de cada pavimento, sino también en los tiempos de ejecución y en las frecuencias del mismo. (Becerra, 2013). Los beneficios más destacados son los siguientes:

- Generalmente, un pavimento rígido tendrá una durabilidad mayor, por lo que requerirá de un menor mantenimiento, lo que ahorraría dinero y resultaría más económico a lo largo del ciclo de vida. Por lo general, la durabilidad del concreto hidráulico es de aproximadamente tres veces mayor a la de la mezcla asfáltica, antes de requerir trabajos importantes de rehabilitación, principalmente a causa de que el concreto hidráulico gana resistencia conforme el tiempo pase, caso contrario a la mezcla asfáltica (Cemex, 2012).

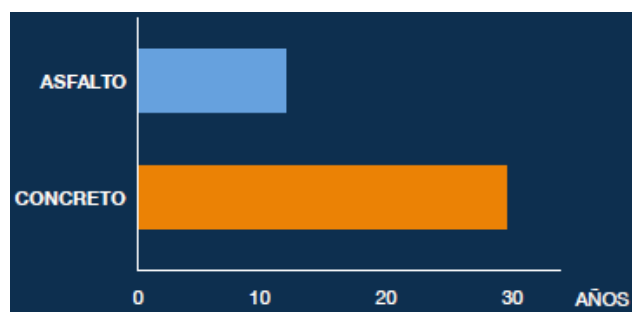


Gráfico 24. Durabilidad de los pavimentos.

- Dentro de los beneficios ambientales, el efecto de la isla de calor, lo cual significa que las ciudades son más calientes que las zonas que se encuentran alrededor de ellas. Esto puede favorecer el desarrollo de enfermedades, molestias y aumento del uso del aire acondicionado para contrarrestar la temperatura. El concreto hidráulico, al ser un material de color más claro que la mezcla asfáltica, absorbe en menor cantidad el calor emitido por los rayos del sol, contribuyendo a que se reduzca la temperatura en las ciudades (Cemex, 2012).



Figura 43. Efecto de la temperatura en los pavimentos.

- En el consumo de combustible también va a repercutir el tipo de material a utilizar en el pavimento. Esto se debe a la rigidez del concreto hidráulico frente a la mezcla asfáltica que ayuda a reducir el efecto llamado deflexión, el cual consiste en que los neumáticos de los

vehículos se hunden más en los pavimentos flexibles en comparación con los rígidos, lo cual no se puede observar a simple vista. Sin embargo, tiene un impacto considerable sobre la eficiencia energética debido a que, si se presenta un hundimiento, se va a requerir de mayor esfuerzo para transitar. Debido a lo anterior se puede presentar un ahorro en combustible, aproximadamente un 3%, en pavimento rígido respecto al flexible, esto con respecto a un estudio realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts en el 2012 (Cemex, 2012).

- Los precios del concreto son estables y predecibles, mientras que los del cemento asfáltico se encuentran estrechamente relacionados a los precios del petróleo internacional, los cuales son volátiles y crecen por encima de la tasa de inflación. En cambio, el concreto hidráulico sigue dinámicas locales. Influye en la balanza comercial peruana siendo el asfalto un derivado del petróleo, y el Perú un país que en su balanza comercial lo importa (Cemex, 2012).
- El pavimento flexible comúnmente puede presentar deformaciones en zonas donde los vehículos frenan y arrancan, deformaciones como ondulaciones o corrugaciones, algo que no sucede en el pavimento rígido porque no se deforma o presenta deformaciones mínimas, no es un material plástico como el asfalto (Cemex, 2012).

- Una ventaja de no deformarse es que no acumulan o empozan el agua. Esto es fácilmente visto en las carreteras con pavimento flexible, donde se forman, de manera muy común, pozos o charcos de agua, también cabe mencionar que el pavimento flexible presenta una mayor durabilidad ante la exposición al agua a comparación del pavimento flexible y está en una ventaja importante en la región Huánuco por ser esta una región con temporadas de precipitaciones intensas.
- En cuanto a la seguridad vial, los pavimentos rígidos se consideran más seguros debido a que reducen el efecto de “acuaplaneo”, es decir, al deslizamiento de los vehículos en superficies mojadas producto de las deformaciones de la superficie. Los pavimentos flexibles pueden ser más rugosos modificando su textura, pero generalmente son más susceptibles ante este fenómeno. (Cemex, 2012).
- Construir una carretera con pavimento rígido también requiere menos iluminación que si fuera con pavimento flexible, aproximadamente un 30% menos (por la cantidad de luminarias requeridas), debido a que al ser el concreto hidráulico de un color más claro que la mezcla asfáltica refleja mejor la luz y existe mayor visibilidad. También se ahorra en invertir en el sistema de iluminación de la carretera (Cemex, 2012).

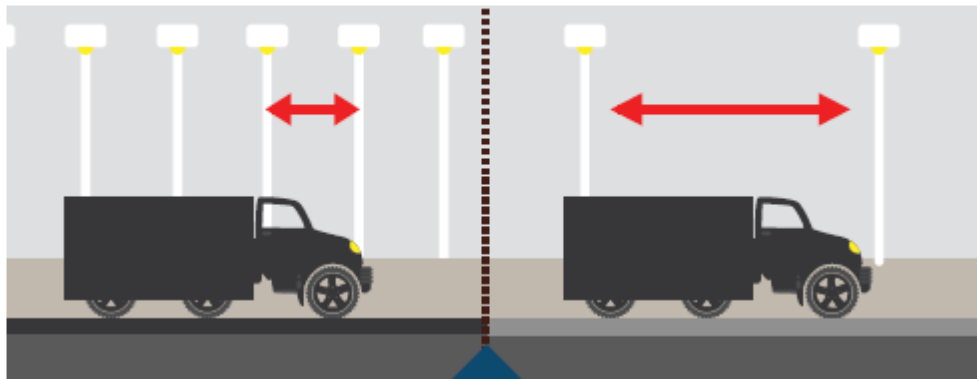


Figura 44. Separación del alumbrado público en los pavimentos.

- Se ahorra energía en la construcción del pavimento flexible, en el cual la mezcla asfáltica se debe someter a altas temperaturas en su elaboración. También debe permanecer a altas temperaturas dependiendo del tiempo de transporte y colocación, además de una temperatura mínima a la cual se debe compactar (Cemex, 2012).
- En temas de mantenimiento de pavimentos, el concreto hidráulico se puede utilizar para realizar reparaciones de manera eficiente, ya que se puede colar una sobrecapa de un determinado espesor sobre un pavimento flexible deteriorado (whitetopping) u otra superficie debidamente preparada, garantizando una estructura de excelentes características y, generalmente dependiendo del diseño, más durable que una sobrecapa asfáltica. (Cemex, 2012).

5.3.2 Beneficios de un pavimento flexible sobre uno rígido

El pavimento flexible también posee características que le dan ventaja con respecto a un pavimento rígido. Los beneficios más destacados son los siguientes:

- El pavimento flexible, generalmente, es menos costoso que el pavimento rígido respecto a la construcción inicial de cada uno de ellos.
- El pavimento de concreto hidráulico necesita de juntas entre las losas, de las cuales, está constituido debido a su mayor rigidez; por lo que, si no se construyen, el pavimento es propenso a agrietarse. Por el contrario, el pavimento flexible es mucho más flexible que el pavimento rígido, haciendo posible su construcción como una estructura continua (Coto, 2016).
- Otra ventaja es que el pavimento flexible puede entrar en operación pocas horas después de haberse colocado, lo cual facilita la circulación del tránsito y rapidez de construcción, caso contrario al pavimento rígido (Coto, 2016).
- El pavimento de concreto asfáltico generalmente posee un mayor valor de rescate al final del período de diseño de la estructura, comparado con el pavimento de concreto hidráulico (Coto, 2016).

CONCLUSIONES

1. Se estableció las características técnicas del procedimiento de diseño y proceso constructivo, según la metodología AASHTO 93, en ambas alternativas de pavimentación.
2. Las características técnicas establecidas contribuyeron en la realización de los diseños de paquetes estructurales de pavimentos técnicamente equivalentes y en la elaboración de metrados, cantidades, análisis de precios unitarios y presupuestos para el cálculo de costos de construcción inicial y costos en el ciclo de vida de los pavimentos.
3. A partir de los diseños de paquetes estructurales técnicamente equivalentes y la elaboración de gráficos de la variación de espesores, se concluye que para ambas alternativas de pavimentación el incremento de los espesores del paquete estructural es inversamente proporcional al incremento del CBR del suelo de fundación y directamente proporcional al incremento del tráfico, como se puede observar en los gráficos 14 y 16.
4. Para los paquetes estructurales de los pavimentos flexibles existe mayor variación del incremento de espesores por la disminución del CBR del suelo de fundación que por el aumento del tráfico, como se puede observar en el gráfico 14.
5. Para los paquetes estructurales de los pavimentos rígidos existe mayor variación del incremento de espesores por el aumento del tráfico que por

la disminución del CBR del suelo de fundación que, como se puede observar en el gráfico 16.

6. De las conclusiones 4 y 6 se desprende, que los espesores de pavimentos flexibles dependen más del suelo de fundación que del tráfico de diseño, en cambio en los pavimentos rígidos sucede lo contrario los espesores dependen más del tráfico de diseño que del suelo de fundación.
7. Los costos de construcción inicial y de ciclo de vida de los pavimentos son directamente proporcional a los espesores de los paquetes estructurales, por lo que los gráficos de variación de costos en función del tráfico y CBR de la subrasante, presentan el mismo comportamiento y variaciones mencionadas en las conclusiones anteriores.
8. En costos de construcción inicial los pavimentos rígidos resultan ser más costosos para todos los casos de tráfico y CBR del suelo de fundación, como se puede observar en el gráfico 21.
9. La relación entre costos de pavimento flexible y rígido ($\text{Pav. rígido/Pav. Flexible}$) incrementa a medida que el CBR del suelo de fundación aumenta, tanto para los costos de construcción inicial como para los del ciclo de vida, como se puede observar en los gráficos 21 y 22.
10. Los pavimentos rígidos presentan menor costo en el ciclo de vida para condiciones de suelo de fundación con CBR del orden del 3%, 6% al

10 %, por lo que resultan ser más favorables económicamente para estas condiciones, como se puede observar en el gráfico 22.

11. Para condiciones de suelo de fundación con CBR del orden del 20 % al 30 % ambas alternativas de pavimentación presentan costos similares en el ciclo de vida, por lo que resultan ser semejantes económicamente para esas condiciones, como se puede observar en el gráfico 22.

12. Los pavimentos flexibles presentan menor costo en el ciclo de vida para condiciones de suelo de fundación con CBR mayores al 30 % por lo que resultan ser más favorables económicamente para estas condiciones, como se puede observar en el gráfico 22.

13. A partir de los gráficos 21 y 22 se puede interpolar para obtener los valores de relación de costos entre ambas alternativas de pavimentación para distintos valores de CBR.

RECOMENDACIONES

1. Conociendo la metodología de diseño AASHTO 93 para pavimentos flexibles y pavimentos rígidos es importante que el diseñador emplee sus criterios y habilidades para el cálculo de espesores de las capas del pavimento estructural por lo que obteniendo el número estructural a partir de la metodología AASHTO se podría tener diversas combinaciones de espesores en las capas y esto conlleva a que un mismo diseño pueda tener diferentes costos, por lo cual se recomienda usar el criterio de priorizar los espesores en las capas de menor costo de manera que el paquete resulta lo más económico posible.
2. Para el cálculo de costos de un pavimento se recomienda considerar todas las partidas que involucra el procedimiento constructivo y en estas considerar todos los recursos de manera que el presupuesto sea lo más real posible.
3. A partir de las conclusiones de esta investigación se recomienda hacer una evaluación con ayuda del gráfico 22 al momento de elegir una alternativa de pavimentación y en la evaluación no solo tomar en cuenta los aspectos económicos sino también los beneficios de uso que presentan ambas alternativas y considerar cuánto influyen esos beneficios para las condiciones de clima, suelo, tráfico, etc. del área de influencia.

4. En las carreteras de la región Huánuco, para condiciones de suelo de fundación con CBR de 3%, 6% al 10 %, se recomienda optar por la utilización del pavimento rígido, debido a que resulta más económico en el ciclo de vida.
5. En las carreteras de la región Huánuco, para condiciones de suelo de fundación con CBR de 20% al 30% se recomienda optar por la utilización de pavimento rígido, debido a que económicamente en el ciclo de vida ambas alternativas de pavimentación son similares para estas condiciones, se recurre a los aspectos técnicos de uso y el pavimento rígido presenta mayores beneficios de uso ya que resulta favorable ante las condiciones climáticas de nuestra región, principalmente por ser más durable al contacto permanente del agua, como ocurre en la región Huánuco en ciertas temporadas del año.
6. En las carreteras de la región Huánuco, para condiciones de suelo de fundación con CBR mayores 30% lo cual es poco común, se recomienda optar por la utilización de pavimento flexible, debido a que resulta más económico en el ciclo de vida.

BIBLIOGRAFIA

American Association of State Highway and Transportation Officials. **AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures**; Washington D. C.; 1993.

VIVAR ROMERO, German. **Diseño y construcción de pavimentos**; CIP-Capitulo de ingeniería civil - Consejo departamental de Lima; Lima; 1998.

ORDOÑEZ HUAMAN, Abel. **Diseño moderno de pavimentos asfálticos**; Universidad Nacional de Ingeniería; Lima; 2006.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. **Ingeniería de Pavimentos para Carreteras**; Universidad Católica de Colombia; Bogotá; 2006.

Universidad Mayor de San Simón. **Manual de diseño de pavimentos**; Cochabamba; 2010.

SALAZAR RODRIGUEZ, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos**; México; 2010.

Ministerio de transportes y comunicaciones. **Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos**; Lima; 2014.

Ministerio de transportes y comunicaciones. **Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras**; Lima; 2013.

Partida	1.07	SELLO ASFALTICO				
Rendimiento:		2,500.00	M2/DIA		Costo unitario por : M2	7.28
Descripción Insumo			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Parcial
Mano de Obra						
OPERARIO			HH	1.00000	0.00320	11.76 0.04
OFICIAL			HH	1.00000	0.00320	10.53 0.03
PEON			HH	10.00000	0.03200	9.51 0.30
						0.38
Materiales						
ARENA GRUESA			M3		0.01360	80.00 1.09
ASFALTO LIQUIDO RC-250			GLN		0.50000	9.00 4.50
						5.59
Equipos						
COMPRESORA NEUMATICA 76HP			HM	1.00000	0.00320	130.00 0.42
RODILLO NEUMATICO 5.5-20 TN			HM	1.00000	0.00320	161.13 0.52
CAMION IMPRIMADOR 1800 GLNS			HM	1.00000	0.00320	120.65 0.39
						1.32

- **Análisis de precios unitarios – Pavimentos rígidos**

Proyecto	PAVIMENTO RIGIDO	Cliente	TESIS GRB			
Partida	1.01 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE					
Rendimiento:	2,860.00 M2/DIA				Costo unitario por : M2	2.25
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
OPERARIO		HH	1.0000	0.0028	20.10	0.06
OFICIAL		HH	1.0000	0.0028	20.10	0.06
PEON		HH	4.0000	0.0112	14.83	0.17
						0.28
Materiales						
AGUA		M3		0.0300	3.50	0.11
						0.11
Equipos						
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1.0000	0.0028	177.81	0.50
RODILLO PATA DE CABRA AUTOP. 11-13 TN		HM	1.0000	0.0028	167.31	0.47
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 10-12 TN		HM	1.0000	0.0028	166.13	0.46
CAMION CISTERNA 4X2 122 HP		HM	1.0000	0.0028	130.26	0.36
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.01	0.07
						1.86
Partida	1.02 SUB BASE GRANULAR					
Rendimiento:	480.00 M3/DIA				Costo unitario por : M3	89.58
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
OPERARIO		HH	1.0000	0.0167	19.06	0.32
OFICIAL		HH	1.0000	0.0167	20.10	0.34
PEON		HH	3.0000	0.0500	14.20	0.71
						1.36
Materiales						
AGUA		M3		0.1000	3.50	0.35
MATERIAL SELECCIONADO		M3		1.2000	66.35	79.62
						79.97
Equipos						
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1.0000	0.0167	177.81	2.96
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 10-12 TN		HM	1.0000	0.0167	166.13	2.77
CAMION CISTERNA 4X2 122 HP		HM	1.0000	0.0167	130.26	2.17
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.07	0.34
						8.24

Partida	1.03	BARRAS PASA JUNTAS CON CANASTILLAS					
Rendimiento:	300.00	KG/DIA			Costo unitario por : KG		4.55
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Precio	Parcial
Mano de Obra							
OPERARIO		HH	1.0000	0.0267		19.06	0.51
OFICIAL		HH	1.0000	0.0267		20.10	0.54
							1.04
Materiales							
ACERO LISO DE CONSTRUCCION		KG		1.0500		2.06	2.16
ACERO CORRUGADO FY=4200 KG/CM2		M3		0.1570		2.31	0.36
ALAMBRE NEGRO #16		M3		0.0500		2.63	0.13
SOLDADURA		M3		0.0110		9.81	0.11
							2.77
Equipos							
MOTOSOLDADORA GASOLINERA 225 A		HM	1.0000	0.0267		17.81	0.47
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000		0.05	0.26
							0.74
Partida	1.04	BARRAS DE AMARRE					
Rendimiento:	300.00	M2/DIA			Costo unitario por : M2		3.73
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Precio	Parcial
Mano de Obra							
OPERARIO		HH	1.0000	0.0267		19.06	0.51
OFICIAL		HH	1.0000	0.0267		20.10	0.54
							1.04
Materiales							
ACERO CORRUGADO FY=4200 KG/CM2		GAL		1.0500		2.18	2.29
ALAMBRE NEGRO #8		GAL		0.0500		2.63	0.13
							2.42
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000		0.05	0.26
							0.26
Partida	1.05	LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Mr=40 Kg/cm2					
Rendimiento:	250.00	M3/DIA			Costo unitario por : M3		470.56
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Precio	Parcial
Mano de Obra							
OPERARIO		HH	2.0000	0.0640		19.06	1.22
OFICIAL		HH	2.0000	0.0640		20.10	1.29
PEON		HH	2.0000	0.0640		14.20	0.91
							3.42
Materiales							
CEMENTO PORTLAND TIPO I		BLS		11.5000		21.50	247.25

ARENA GRUESA	M3		0.4000	80.00	32.00
PIEDRA CHANCADA	M3		0.5800	125.00	72.50
AGUA	M3		0.1690	3.50	0.59
ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	LT		1.6280	4.84	7.88
ADITIVO RETARDADOR	LT		2.3069	3.69	8.51
ADITIVO INBCORPORADOR DE AIRE	LT		0.2500	8.56	2.14
					370.87

Equipos

PAVIMENTADORA DE CONCRETO	HM	1.0000	0.0320	1,266.17	40.52
PLANTA DE CONCRETO 120 M3/H	HM	1.0000	0.0320	1,649.48	52.78
MINICARGADOR 70 HP	HM	1.0000	0.0320	66.03	2.11
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.17	0.85
					96.27

Partida 1.06 JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCION

Rendimiento: 200.00 M/DIA Costo unitario por : M 5.20

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OPERARIO	HH	1.0000	0.0400	19.06	0.76
OFICIAL	HH	1.0000	0.0400	20.10	0.80
PEON	HH	2.0000	0.0800	14.20	1.14
					2.70
Materiales					
MATERIAL DE RESPALDO PARA SELLADORES	M		1.0000	0.42	0.42
SELLO ELASTOMETRICO A BASE DE SILICONA	GAL		0.0024	334.26	0.80
IMPRIMANTE PARA SELLANTE DE JUNTAS	KG		0.0092	65.00	0.60
					1.82
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.14	0.68
					0.68

Partida 1.07 JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION

Rendimiento: 180.00 M/DIA Costo unitario por : M 6.50

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
OPERARIO	HH	1.0000	0.0444	19.06	0.85
OFICIAL	HH	1.0000	0.0444	20.10	0.89
PEON	HH	2.0000	0.0889	14.20	1.26
					3.00
Materiales					
MATERIAL DE RESPALDO PARA SELLADORES	M		1.0000	0.42	0.42
SELLO ELASTOMETRICO A BASE DE SILICONA	GAL		0.0024	334.26	0.80
IMPRIMANTE PARA SELLANTE DE JUNTAS	KG		0.0092	65.00	0.60
DISCO DE CORTE	PZA		0.0100	54.66	0.55

