



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL MÉTODO MÁS FRECUENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN LOS DIFERENTES PARÁMETROS DE DISEÑO A PARTIR DE ESTUDIOS REALIZADOS EN PERÚ-CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Efrain Leodan Leiva Cercado

**Asesor:**

Mg. Ing. Carlos Elder Rudecindo Calua Carrasco

Cajamarca - Perú

2022

## DEDICATORIA

Siempre me he sentido feliz y maravillado por la linda familia que tengo, mis padres mis hermanos que desde un inicio se preocuparon por mi desde el momento que llegue a formar parte de ellos, me formaron para sobre salir ante cualquier adversidad de la vida. Han pasado ya muchos años y sus enseñanzas no cesan y aquí estoy con un nuevo logro exitosamente por conseguir. Mi tesis para optar por el grado de título de INGENIERO CIVIL. Es por ello que a Dios y mi familia les dedico todo mi esfuerzo y logros obtenidos.

Leiva cercado Efraín Leodan.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero dar gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi linda familia, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que puede llegar a ser si actuamos de la manera correcta; gracias la universidad y a mis docentes por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de este proyecto de tesis, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia y apreciados maestros. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

Leiva cercado Efraín Leodan.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Selección de tesis para grupo de estudio .....	20
<b>Tabla 2</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	24
<b>Tabla 3</b> Técnicas e instrumentos de análisis de datos.....	27
<b>Tabla 4</b> Tabla de recolección de investigaciones. ....	28
<b>Tabla 5</b> Distribución del tránsito en el carril del proyecto .....	31
<b>Tabla 6</b> Niveles de tránsito equivalente en el carril del proyecto.....	31
<b>Tabla 7</b> VRSmáx. para todo los niveles de transito.....	33
<b>Tabla 8</b> VRSz mínimos para todos los niveles de tránsito .....	33
<b>Tabla 9</b> Espesores mínimos de las capas de pavimento flexible .....	35
<b>Tabla 10</b> Categorías de tránsito pesado .....	37
<b>Tabla 11</b> Espesores de diseño método español MOPU .....	39
<b>Tabla 12</b> Tasa anual de crecimiento del tránsito .....	40
<b>Tabla 13</b> Porcentaje de camiones en el carril de diseño .....	41
<b>Tabla 14</b> Factores de equivalencia de carga .....	42
<b>Tabla 15</b> Valor para el diseño de la subrasante .....	45
<b>Tabla 16</b> Valores para diferentes pruebas con materiales de base y subbase.....	45
<b>Tabla 17</b> Valores recomendados por el I.M.T .....	46
<b>Tabla 18</b> Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima. ....	46
<b>Tabla 19</b> Espesores mínimos de carpeta asfáltica de acuerdo al nivel de tránsito .....	47
<b>Tabla 20</b> Espesores mínimos de superficies de concreto asfáltico .....	47
<b>Tabla 21</b> Espesores de diseño por el método del instituto del asfalto .....	48
<b>Tabla 22</b> Espesores de diseño por el método racional .....	51
<b>Tabla 23</b> Factor de distribución por carril .....	54
<b>Tabla 24</b> Periodos de diseño en función del tipo de carretera .....	55
<b>Tabla 25</b> Valores de "R" de confiabilidad con diferentes clasificaciones.....	56
<b>Tabla 26</b> Capacidad de drenaje para remover la humedad. ....	58
<b>Tabla 27</b> Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales .....	59
<b>Tabla 28</b> Espesores mínimos en pulgadas en función de los ejes equivalentes.....	59
<b>Tabla 29</b> Espesores de diseño por el método aashto .....	60
<b>Tabla 30</b> Valores de "R" de confiabilidad con diferentes clasificaciones.....	56
<b>Tabla 31</b> Capacidad de drenaje para remover la humedad. ....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Secciones de las capas del pavimento flexible.....	15
<b>Figura 2</b>	Ficha resumen de investigaciones.....	25
<b>Figura 3</b>	Niveles de tránsito equivalente en el carril proyectado. ....	32
<b>Figura 4</b>	Materiales utilizables en subrasantes .....	38
<b>Figura 5</b>	Gráfica de diseño para estructuras de pavimento flexible .....	53
<b>Figura 6</b>	Metodo de diseño AASHTO – 93 diseño de estructura.....	61
<b>Figura 7</b>	Flujograma de la investigación .....	62
<b>Figura 8</b>	Métodos de diseño más comunes y sus respectivos parámetros.....	64
<b>Figura 9</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 1 .....	66
<b>Figura 10</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 2 .....	66
<b>Figura 11</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 3 .....	67
<b>Figura 12</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 4 .....	67
<b>Figura 13</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 5 .....	68
<b>Figura 14</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 6 .....	68
<b>Figura 15</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 7 .....	69
<b>Figura 16</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 8 .....	69
<b>Figura 17</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 9 .....	70
<b>Figura 18</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 10 .....	70
<b>Figura 19</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 11 .....	71
<b>Figura 20</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 12 .....	71
<b>Figura 21</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 13 .....	72
<b>Figura 22</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 14 .....	72
<b>Figura 23</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 15 .....	73
<b>Figura 24</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 16 .....	73
<b>Figura 25</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 17 .....	74
<b>Figura 26</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 18 .....	74
<b>Figura 27</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 19 .....	75
<b>Figura 28</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 20 .....	75
<b>Figura 29</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 21 .....	76
<b>Figura 30</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 22 .....	76
<b>Figura 31</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 23 .....	77
<b>Figura 32</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 24 .....	77
<b>Figura 33</b>	Parámetros utilizados en la invetigación - 25 .....	78

<b>Figura 34</b> Parámetros utilizados en la investigación - 26 .....	78
<b>Figura 35</b> Parámetros utilizados en la investigación - 27 .....	79
<b>Figura 36</b> Parámetros utilizados en la investigación - 28 .....	79
<b>Figura 37</b> Parámetros utilizados en la investigación - 29 .....	80
<b>Figura 38</b> Parámetros utilizados en la investigación - 30 .....	80
<b>Figura 39</b> Métodos de diseño con los parámetros más utilizados .....	81
<b>Figura 40</b> Métodos de diseño según el año de publicación .....	82
<b>Figura 41</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 1 .....	82
<b>Figura 42</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 2 .....	82
<b>Figura 43</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 3 .....	83
<b>Figura 44</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 4 .....	83
<b>Figura 45</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 5 .....	83
<b>Figura 46</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 7 .....	84
<b>Figura 47</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 8 .....	84
<b>Figura 48</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 9 .....	84
<b>Figura 49</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 10 .....	85
<b>Figura 50</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 11 .....	85
<b>Figura 51</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 12 .....	85
<b>Figura 52</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 13 .....	86
<b>Figura 53</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 14 .....	86
<b>Figura 54</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 15 .....	86
<b>Figura 55</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 16 .....	87
<b>Figura 56</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 17 .....	87
<b>Figura 57</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 18 .....	87
<b>Figura 58</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 19 .....	88
<b>Figura 59</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 20 .....	88
<b>Figura 60</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 21 .....	88
<b>Figura 61</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 22 .....	90
<b>Figura 62</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 23 .....	90
<b>Figura 63</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 24 .....	90
<b>Figura 64</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 25 .....	91
<b>Figura 65</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 26 .....	91
<b>Figura 66</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 27 .....	91
<b>Figura 67</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 28 .....	91

<b>Figura 68</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 29 .....	92
<b>Figura 69</b> Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica en la inv. 30 .....	92
<b>Figura 70</b> Espesores promedios para climas cálidos .....	93
<b>Figura 71</b> Espesores promedios para climas templados .....	93
<b>Figura 72</b> Espesores promedios para climas frios .....	93

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en el Perú, se aplicó un diseño no experimental de corte transversal en donde se analizaron 30 investigaciones de universidades peruanas referentes a los métodos de diseño más frecuentes de pavimentación flexible. Para esto, se utilizaron fichas resumen en donde se ubicaron los datos generales de la investigación, lo cual nos permitió analizar a cada una de ellas. Los resultados que se obtuvieron fueron que, la metodología AASHTO-93 es el método más frecuente para el diseño de pavimentación flexible seguida del método de instituto del asfalto, método racional, método español MOPU y finalmente el método del instituto de la ingeniería de la UNAM, según los diferentes parámetros de diseño, antigüedad y espesor en cuanto a la sección estructural. Así mismo, se describieron los métodos de diseño de pavimentos flexibles más comunes y se presentó un manual con el método de diseño más frecuente. Finalmente, se concluyó, que los pavimentos flexibles en el Perú la mayoría son diseñados con la metodología aashto-93 con una utilización de sus parámetros de diseño de un 43.8% según la figura 39.

**Palabras claves:** Pavimentos, Flexibles, métodos, Diseño.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, son distintos los métodos utilizados para pavimentar las superficies de rodadura; esto dependerá de la localización, clima y diferentes factores que presente el ambiente donde se realizará la pavimentación.

El Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), define los aspectos específicos para algunos tipos de Proyectos de Inversión Pública (PIP). En el caso del sector transportes, específicamente en proyectos viales, se ha detectado la necesidad de brindar pautas metodológicas que sirvan de orientación a los formuladores de proyectos de inversión pública sobre las alternativas adecuadas en tecnologías de pavimentos en proyectos viales. (Dirección de Proyectos de Inversión Pública, 2015). Según lo mencionado anteriormente, se hace necesario que al realizar un diseño de pavimentación se tenga en cuenta el método más frecuente para la realización de la pavimentación flexible.

La infraestructura vial se ha desarrollado de una manera considerable, debido a que es uno de los ejes de comunicación más importantes en todo el mundo ayudando al progreso económico y desarrollo de un país. Las ciudades requieren de vías que garanticen seguridad, tránsito adecuado y cómodo a los usuarios; sin embargo, muchas de estas se encuentran en un mal estado por el uso de métodos con parámetros de diseño poco frecuentes, el cual causa deterioros en vehículos incluso accidentes perjudicando la seguridad de las personas en el transcurso del viaje.

En muchos países se ha detectado que los pavimentos flexibles presentan daños a falta de usar métodos de diseños poco frecuentes, uno de estos es Chile, donde los problemas del deterioro en pavimentos urbanos de la ciudad de Santiago, se han visto agravado, por un aumento significativo del parque vehicular sin la correspondiente inversión en repavimentación de sus principales arterias, lamentablemente algunos de

estos proyectos han sufrido deterioros importantes a pocos meses de haber sido puestos en servicio. (Catala, 2008)

En el Perú la realidad no es diferente, varias ciudades del país muestran el deterioro descontrolado de las vías causando sobre tiempos e incomodidad en los usuarios como nos menciona Humpiri (2015), que el estado actual de los pavimentos flexibles en la Región de Puno, cuenta con uno de los principales problemas de todas las obras de infraestructura vial, que son las diferentes fallas que se presentan después de su construcción, es decir; a lo largo de la vida útil del proyecto.

Por otro lado tenemos en el contexto internacional (México) a Pólito (2015), "Evolución, tecnologías aplicada en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles en México". Quien mediante una extensa recolección de información acerca de los pavimentos flexibles, expone su historia, evolución y ventajas, con el objetivo de demostrar cómo este tipo de estructuras, tienen muchas ventajas sobre los pavimentos rígidos, con cuatro tecnologías aplicadas actualmente como el sistema CASSA, asfalto espumado, pavimentos con geo sintético. Concluyendo principalmente, que los pavimentos flexibles aún merecen reconocimiento, puesto que estos pueden aportar al crecimiento económico del país y que, si se utiliza las tecnologías constructivas actuales que ya están siendo adoptadas en otros países, es posible aprovechar al máximo todos los elementos naturales posibles para crear nuevas fuentes de energía y al tiempo que las carreteras sean autosustentables.

En China Liu *et al.* (2020), "Pavimentos flexibles, problemática, metodologías de diseño y tendencias". Desarrollaron una investigación en la cual se buscó explorar la evolución de los pavimentos asfálticos, resaltando las tendencias actuales en investigación en cuanto a esta industria, para así recomendar futuras áreas de investigación en torno a esta

temática para clasificar los materiales de los pavimentos flexibles según sus parámetros de diseño. Después se describen los 4 métodos de diseño más utilizados en México; a saber, el método propuesto por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el del catálogo Técnico de uso en España, el propuesto por el Instituto Norteamericano del Asfalto y, finalmente, el propuesto por la AASHTO con el fin de evaluar el rendimiento de utilizar pavimentos asfálticos. Concluyendo finalmente que, en los últimos 100 años los materiales y estructuras del pavimento asfáltico se han vuelto cada vez más fuertes.

En cuanto al contexto nacional se conoce que, en la ciudad Lima Yesquen (2016), "Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de surquillo-lima". Llevó a cabo un estudio mediante el cual buscó promover la conservación de los pavimentos flexibles con el objetivo de generar política de gestión y conservación a través del parámetro PCI, para ello analizan el pavimento por sectores "A" contiene un pavimento 64% bueno, 25% regular y 11% muy pobre, "B" contiene 20% bueno y 80% regular, "C" con un 67% bueno y 33% regular, "D" con un 25% bueno, 39% regular y 36% pobre y por último el sector "E" contiene un pavimento 38% bueno y 62% regular, además el 70% a 80% se dedicó a la recolección de datos, donde se identificó que las fallas más frecuentes fueron agrietamientos tanto longitudinal como transversal, parchado, agregado pulido, desprendimiento, agrietamiento en borde, reflexión de juntas, baches, un nivel bajo de piel de cocodrilo, hundimientos, desplazamiento, hinchamientos etc. concluyendo finalmente que se logró determinar la condición del pavimento a través del método PCI en el distrito de surquillo-Lima y a su vez lograr un plan de gestión con un mantenimiento adecuado y oportuno.

En la ciudad de Lima Mendoza (2019), en su estudio Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico ASSHTO 93 y Shell para determinar la vida útil del pavimento con el objetivo de utilizar el método de diseño

mecanicista SHELL como un complemento al método empírico AASHTO 93, para poder “determinar la vida útil del pavimento mediante la relación existente entre los parámetros de diseño de ambos métodos, este complemento de Shell en la metodología AASHTO 93 obtiene una evaluación del daño ocurrido en las capas del pavimento generado por la acción del tráfico de diseño en un periodo de diseño de 20 años, además la evaluación por el método determina que el diseño de pavimento AASHTO 93 asegura un buen desempeño en su periodo de vida útil, para lo cual se tomó como caso de aplicación la Vía Evitamiento Juliaca, puesto que dicha localidad presenta algunos problemas en sus vías, como la falta de seguridad y señalización, así como fallas estructurales. Concluyendo principalmente, que al relacionar estos métodos que son complementarios entre sí y haciendo uso del software WinDepav, es posible optimizar los espesores de la base y subbase del diseño realizado, reduciendo los mismos y asegurando además una vida útil de aproximadamente 30% o 6 años.

Mientras tanto en el contexto local es posible mencionar a Acuña y Sánchez (2019), Diseño del pavimento flexible en caliente de la vía Santa Rosa – Chaupelanche Del Km 0+000 Al Km 13+025.00 Distrito De Chota – Provincia De Chota – Cajamarca, quienes diseñaron un pavimento flexible en caliente, con el objetivo de conectar los Kilómetros 0+000 y 13+025.00 de la Vía Santa Rosa – Chaupelanche, en el Distrito de Chota, Cajamarca. La vía fue diseñada de acuerdo a parámetros encontrados en el manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para nuestro diseño se utilizó una velocidad de diseño de 30 Km/h. Y las Obras de Arte, se diseñaron de acuerdo a las especificaciones contenidas al SENAMHI y Ministerio de Agricultura para la estimación de la precipitación, por lo que fue necesario los estudios topográficos, de mecánica de suelos, hidrológico, de drenaje, de impacto ambiental, así como el diseño geométrico de la vía y el pre dimensionamiento de obras

de arte. El proyecto comprende el diseño de una carretera de segunda clase a nivel de asfalto de 13.025 km teniendo un presupuesto para la ejecución según el presente estudio de 13,358,734.78 con un costo directo de S/. 9,434,134.74. Concluyendo que, si se siguen adecuadamente las especificaciones mencionadas anteriormente, es posible diseñar una carretera de segunda clase, que sea funcional y al mismo tiempo segura y económica.

Vásquez (2020) buscó comparar el comportamiento funcional y económico de un pavimento rígido y uno flexible, ambos diseñados con un refuerzo de geomalla biaxial, como alternativas para pavimentar la Av. Perú de la ciudad de Chota- Cajamarca. Para lo cual partió de realizar un diseño tradicional sin refuerzo mediante la metodología AASHTO, y así poder determinar el número estructural para el diseño reforzado del pavimento flexible, mientras que para el pavimento rígido se partió de un diseño tradicional y se pasó al diseño reforzado mediante el CBR de la subrasante. A continuación, se realizó las comparaciones respectivas entre los diseños obtenidos y se evidenció para el pavimento flexible, que la inclusión de geo mallas en el diseño permite una disminución del 17.65% del espesor de la base y del 39.29% del espesor de la subbase, mientras que para el pavimento rígido se evidenció una disminución del 50% en la subbase. Concluyendo en cuanto al aspecto económico, que el pavimento flexible resulta ser 29.4% más económico, siendo más viable en zonas urbanas.

Tomando como antecedente lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se expondrá la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño según los estudios realizados en Perú, despertando el interés de muchos investigadores en el tema para poder promover el método más frecuente que sea realmente aplicable en Perú y puedan construirse de manera correcta, con un proceso constructivo adecuado y sobre todo que sea viable, es por ello que se busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿

Cuál es el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022?, para lo cual se ha formulado el siguiente objetivo general: Determinar el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022. Los objetivos específicos son: Describir los métodos de diseño de pavimentos flexibles más comunes, definir el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros de diseño en estudios realizados en Perú, comparar la antigüedad de cada método de diseño y comparar los espesores de diseño según las condiciones climáticas en las investigaciones analizadas y realizar el manual de diseño del método más frecuente con su proceso constructivo. Teniendo como hipótesis: El método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de los estudios realizados en el Perú es el método Aashto-93.

Las redes viales vienen a ser aquellas superficies terrestres señalizadas por donde circulan peatones y vehículos, siendo competencia de las autoridades nacionales y/o provinciales todo lo concerniente a su construcción y mantenimiento. Según Becerra (2013) "las redes viales son sinónimo de prosperidad, pues estas son las responsables de integrar a los pueblos dentro y fuera de un país ya que permiten el traslado de personas, bienes y servicios" (p. 4). En cuanto al diseño de las redes viales, los pavimentos se han presentado como soluciones óptimas, para mantener un buen tránsito sobre ellas a lo largo de su vida útil. Es así que, desde tiempos remotos son considerados un elemento de vital importancia en cualquier infraestructura vial ya sea urbana o rural, debido a que también influyen significativamente en la calidad de vida de los transeúntes que circulan diariamente por ellos (Olaguivel, 2018).

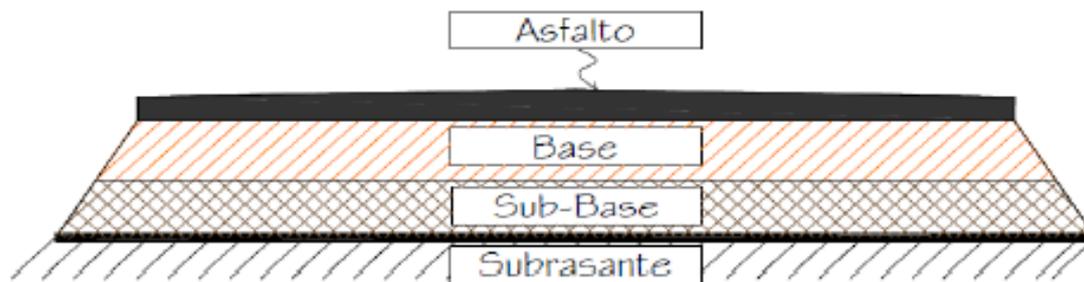
Según Santos y Huertas (2018) un país presenta deficiencia en cuanto a infraestructura vial, porque no se cumple con el procedimiento adecuado para su construcción, por cualquiera de las siguientes razones: errores de cálculo en el proceso de diseño, utilización de materiales de mala calidad, deficiencia en cuanto al control de la obra o falta de mantenimiento.

En los últimos años los pavimentos flexibles están siendo sustituidos por los rígidos, puesto que se les considera de mayor resistencia y duración. Sin embargo, esta tendencia aún no crece mucho en el Perú pues aún se puede encontrar una mayor cantidad de pavimentos flexibles en la red vial nacional, debido a que el costo es mayor en los pavimentos rígidos, aun así, con la evolución de la tecnología existen muchas aplicaciones adaptables a los pavimentos flexibles, para mejorar sus diseños y estructuras, dando como resultado un mejor desempeño de estos en su puesta en servicio en las carreteras (Pólito, 2015).

Los métodos de diseño de pavimentos son guías desarrolladas por diferentes entidades con el único fin de proveer a los especialistas las herramientas necesarias para el diseño de estructuras del pavimento flexible, por otro lado, sabemos que el pavimento flexible debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas sobre el por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. Por lo que el método de diseño con el que se decida trabajar debe tener en cuenta las deformaciones que se producen en las diferentes secciones de las capas del pavimento flexible ver figura 1.

## **Figura 1**

*Secciones de las capas del pavimento flexible.*



*Nota.* Secciones de las capas del pavimento flexible extraído de (Medina2015)

**Pavimento flexible:** Es aquel conjunto de capas de material seleccionado, formado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodadura, seguida por una base, una subbase y finalmente la subrasante o terreno de fundación, diseñado para recibir directamente en su capa exterior las cargas producto del tránsito y posteriormente transmitir las en forma disipada a los estratos inferiores, el cual debe funcionar eficientemente, brindando una superficie uniforme, capaz de deformarse sin agrietarse excesivamente antes dichas cargas vehiculares (Apaza, 2017).

- ✓ **La subrasante:** Es la capa que sirve de soporte al resto del pavimento, en algunos casos está formada únicamente por la superficie del terreno, en otros casos se realiza previamente un proceso de mejoramiento y compactación para que cumpla con las características estructurales esperadas.
- ✓ **La subbase:** Tiene la función de servir de transición entre la base y la subrasante sirviendo como filtro para evitar que el material de la base se mezcle con el de la subrasante, además de aportar económicamente, mediante la búsqueda de un espesor óptimo utilizando el material más económico posible (Bonett, 2014).
- ✓ **La base:** Transmite los esfuerzos producidos por la carga vehicular hacia la subbase y la subrasante, además en ocasiones brindar soporte a la subbase en funciones de

drenaje. (Bonett, 2014).

- ✓ **La capa de rodadura:** Viene hacer la superficie por donde circulan los vehículos y debe ser resistente a la fricción, así como a los cambios climáticos, se caracteriza principalmente por ser cómoda a la circulación y rugosa para brindar seguridad (Bonett, 2014).

Los pavimentos flexibles también son conocidos como pavimentos asfálticos y poseen una serie de ventajas en comparación con los pavimentos rígidos o de concreto, entre las cuales están: menor costo inicial, bajo costo de mantenimiento, flexibilidad y rapidez en su proceso de construcción, capacidad de soportar cargas pesadas, vida útil prolongada y facilidad para ser reciclados (Yesquen, 2016).

Ante la notable desventaja que actualmente tienen los pavimentos asfálticos sobre los rígidos, se justifica la importancia de desarrollar trabajos como este, en el cual se recopile toda la información de estudios realizados en el Perú acerca de la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

A continuación se detallan los elementos metodológicos utilizados: grupo de estudio, muestra, tipo de estudio, método de recolección de información, procedimientos empleados para la recolección de datos y para el procesamiento correspondiente, esto con la finalidad de responder a la pregunta de investigación : ¿Cuál es el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022?, para lo cual se ha formulado el siguiente objetivo general: Determinar el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022. Los objetivos específicos son: Describir los métodos de diseño de pavimentos flexibles más comunes, definir el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros de diseño en estudios realizados en Perú, comparar la antigüedad de cada método de diseño y comparar los espesores de diseño según las condiciones climáticas en las investigaciones analizadas y realizar el manual de diseño del método más frecuente y su proceso constructivo. Y la siguiente hipótesis: El método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de los estudios realizados en el Perú es el método Aashto-93.

La investigación es de enfoque cualitativo, según Hernández, Fernández, y Bautista (2014) menciona que se “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7). Para este estudio se tomaron en cuenta aspectos teóricos y datos numéricos de otras investigaciones ya desarrolladas los cuales fueron considerados para el análisis integral del objeto de estudio.

El estudio se enmarca en el diseño de corte longitudinal, de acuerdo con Ñaupas,

*et al.*, (2014) en este tipo de investigaciones "Se utiliza en investigaciones longitudinales o de seguimiento de 1 a 5 años o más, para ver el comportamiento de una variable (p.233). Para este estudio los datos fueron tomados de varios años. El diseño del estudio corresponde al no experimental, ya que no se efectuó variaciones o cambios en las variables, sino que se analizaron tal como se presentan en la realidad. En este caso es no experimental porque solo se hace la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú.

El diseño de la investigación es documental, según Arias (2016) la investigación es un proceso que se basa en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación, de datos secundarios, es decir, obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales sean impresas, audiovisuales o electrónicas. Tiene la finalidad de aportar nuevos conocimientos referentes a la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en el Perú, mediante la recolección de la información permite el análisis de las variables en estudio.

Como estrategia de búsqueda se determinaron palabras claves para realizar la búsqueda de estudios en las bases de datos científicas, como criterio de elegibilidad, se determinaron como criterios de inclusión y exclusión para elegir los estudios relacionados al tema y a los objetivos de la presente investigación, además, para la extracción de datos se utilizó una ficha de registro de datos.

Para esta investigación, se realizó la recopilación de información de estudios referentes al tema. Por lo tanto, la muestra y población se hizo por un muestreo no probabilístico teniendo en cuenta la técnica por conveniencia ya que como recomienda Otzen & Manterola (2017) nos permite utilizar los casos accesibles y próximos para el

En cuanto al procedimiento metodológico de búsqueda y selección de datos, se determinó las siguientes ecuaciones de búsqueda en español "Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú - Cajamarca 2022", realizando de esta manera una búsqueda específica; la cual se realizó en las siguientes bases de datos: Plataforma SCIELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar, Plataforma PROQUEST y Microsoft Academic Search.

Para la selección de estas investigaciones se comprendieron criterios para escoger a las tesis, revistas, manuales, etc. Tomando en cuenta las más adecuadas para el estudio. Como criterio de inclusión se determinó lo siguiente:

- Las investigaciones deben tener relación con métodos de diseño de pavimentación flexible.
- El año de publicación debe estar en un rango de tiempo del 2012-2022, es decir máximo 10 años de antigüedad.
- Las investigaciones deben ser en su mayoría de tesis de universidades peruanas.

Los criterios de exclusión que se utilizaron fueron:

- Las investigaciones no presentaban relación con métodos de diseño de pavimentación flexible.
- El año de publicación era mayor del rango de antigüedad seleccionado.
- Las investigaciones pertenecían a universidades que no eran peruanas.

Luego de ser aplicado estos criterios se escogieron 30 investigaciones realizadas en

universidades peruanas mostradas en la tabla 1, las cuales fueron observadas, analizadas para el registro visual en las diversas fichas.

**Tabla 1.**

*Listado de los 30 estudios seleccionados mediante los criterios de inclusión y exclusión.*

N°	TESIS	AUTOR	AÑO
1	Diseño de pavimento flexible empleando el método Aashto 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay.	Sánchez Vásquez Oscar Alejandro	2019
2	Comparación de métodos de diseño y patologías en el pavimento flexible.	Olivas Mendoza Ruth Noemi	2016
3	Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla. biaxial en la pavimentación de la av. Perú de la ciudad de chota- Cajamarca.	Vásquez Agip José Kevin	2020
4	Definición moderna de los parámetros para el diseño de pavimentos	Hidalgo Andrade Felipe Adrián	2011
5	Diagnóstico del proceso constructivo de la infraestructura vial en pavimento flexible en algunos sectores especificados en el contrato no. 1018 del 2012.	Fadiño Sánchez Adriana P., Ramos Reyes Luisa F. & Torres La torre Claudia L.	2014
6	Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93.	García Morales Andrés Ricardo	2015
7	Diseño de pavimentos flexibles, método de INSTITUTO DEL ASFALTO parámetros de diseño.	Álvarez Sifuentes Ángelo	2016
8	Diseño de un pavimento flexible por los métodos AASTHO Y RACIONAL.	Aristizábal Morales Laura M. & Hoyos Arenas José F.	2014
9	Diseño del pavimento flexible en caliente de la vía santa rosa – Chaupelanche del km 0+000 al km 13+025.00 distrito de chota – provincia de chota - Cajamarca.	Acuña Campos M. Steeven & Sánchez Gonzales D. Alexander	2019
10	Diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera costanera huanchaco – Santiago de cao, la libertad, 2018.	Reyes Pozo, Brayan M. & Zamora Zavaleta José R.	2018

11	Elaboración de un Programa de Diseño de Pavimentos Flexibles.	Alarcón Chávez Carlos Eleazar	2012
12	Diseño de un modelo avanzado de pavimentos flexibles y su comparación con los métodos tradicionales	Carrillo Gil Arnaldo & Carrillo Delgado Eduardo	2021
13	diseño del pavimento flexible de la carretera ciudad de Dios-Cajamarca en zona alto andina con aplicación del método índice de condición del pavimento en el año 2017.	Chuquilin Vigo Marco Aurelio	2017
14	Evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles.	Pólito Román Gerardo	2015
15	Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "pci" en el entorno del distrito de surquillo-lima"	Yesquen Granda Andrés	2016
16	Implementación del modelo climático del método Aashto 2008 (MEPDG) para el diseño de pavimentos flexibles en la ciudad de Tacna.	Yufra Carita Jair Rodrigo	2018
17	Diseño de pavimentos método AASHTO – 93.	Cossi Arocutipa Patricia	2016
18	Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones.	Rondón Quintana Hugo Alexander	2017
19	Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones.	Fonseca Rodríguez Carlos H.	2015
20	Pavimentos flexibles Problemática, metodologías de diseño y tendencias	Rico Rodríguez Alfonso, Téllez Gutiérrez Rodolfo & Garnica Anguas Paul	2012
21	Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial	Ozuna Ruiz Rafael Eduardo	2018

22	Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico Aashto 93 y shell para determinar la vida útil del pavimento	Mendoza Torres Edgar Sebastián	2019
23	Diseño de la estructura del pavimento flexible, para la construcción de pistas en la calle Real del C.P. Santa Rosa, distrito de Pueblo Nuevo - La Libertad	Chávez Reyes Juan Guillermo & Ruiz Rafael Daniel	2021
24	Diseño de pavimento flexible poroso como alternativa de drenabilidad pluvial en el pueblo de Canta -Lima	Cantoral Delgadillo Sara & Marín Tirado Lyonel	2021
25	Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite, Huancavelica - 2017	Escobar Bellido, Luis & Huincho Ochoa, Jesús	2017
26	Método de diseño del instituto de la ingeniería de la U.N.A.M - Pavimentos flexibles	Arámbulo García Benito; Guadalupe Nolasco Jesús & Moreno Charmin Jerson	2019
27	Diseño estructural del pavimento flexible utilizando método Aashto 93 en las calles I y J de la cuadra etapa del C.H Micaela Bastidas - Piura	Terrones Campos Giancarlo	2018
28	Diseño estructural de pavimento según la metodología Aashto y la transitabilidad de la calle san pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad	Castro Salazar, Marialucia & Medrano Alfaro, Anthony	2021
29	Diseño de pavimentación flexible por el método de la ingeniería de la UNAM	Sánchez Mejía Miguel	2012
30	Diseño de pavimento flexible aplicando el método Aashto 93 para mejorar la transitabilidad en el centro poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo - departamento de Lambayeque	Gonzales Acosta Oscar & Manay Briones Danny	2020

Esta investigación tiene como técnica la revisión documental el cual consiste en

detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información relevante y necesaria para el problema de investigación. (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la investigación, 2014)

**Tabla 2**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Recolección de datos</b>	Revisión documental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha resumen las investigaciones.</li> </ul>

*Nota.* En la tabla número 2 se muestra la técnica e instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos.

Se elaboraron fichas resumen que nos ayudan a organizar la información de cada investigación que se analizó, donde se ubicaron los datos generales de la investigación como: el título, el autor, el año de publicación de la tesis. Además, se colocó información de cada tesis como: el objetivo general, objetivos específicos, hipótesis y conclusiones. (Ver figura 2)

A continuación, se explica a detalle cada una de las partes de la ficha resumen, de manera que se pueda comprender el llenado de las mismas; facilitando así el análisis de los estudios seleccionados para la presente investigación: “Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022”

**Figura 2.**

*Ficha resumen de investigaciones.*

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>1</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más efectivo para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>1</b>			
<b>Autor</b>				
<b>AÑO</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>2</b>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<b>3</b>		<b>4</b>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<b>5</b>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<b>6</b>				
<b>7</b>				
_____ Efrain Leodan Leiva Cercado Responsable de la ficha.		_____ Ing. Carlos Elder Calua Carrasco Asesor.		

En la parte 1: Se completa los datos generales de la investigación como el título, el autor, el año donde se desarrolló la investigación.

En la parte 2: En esta sección se anota el resumen del estudio, abordando lo más relevante.

En la parte 3: Se describe el objetivo general que se obtuvo de la investigación

En la parte 4: Se describen los objetivos específicos que se obtuvieron de la investigación

En la parte 5: Encontramos la hipótesis del estudio.

En la parte 6: se redacta las conclusiones de la investigación en donde se mencionan qué resultados se obtuvieron en la tesis en estudio.

En la parte 7: se coloca las firmas tanto del asesor como del responsable de la ficha resumen.

La técnica que se utilizó para el análisis de recolección de datos de esta investigación fue el análisis estadístico descriptivo, ya que proporciona un enfoque por el que se confecciona un resumen de información que nos brindan los datos de una muestra. Así mismo, recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos.

El instrumento que se utilizó para el análisis de datos fue mediante el software "Microsoft Excel", por medio de tablas, gráficos comparativos, sobre la información recolectada en la ficha de las diferentes investigaciones de los métodos de diseño de pavimentación flexible y sus parámetros.

### Tabla 3

*Técnicas e instrumentos de análisis de datos.*

	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Análisis de datos</b>	Análisis estadístico	Microsoft Excel

descriptivo

---

*Nota:* En la tabla se muestra técnicas e instrumentos de análisis de datos que se utilizaron para las investigaciones.

Para la recolección se procedió a buscar investigaciones que se encuentren relacionadas a Método más frecuente para el diseño de pavimentación flexible, Parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú, etc. Para esto se utilizó los repositorios de las universidades peruanas y también el registro nacional de trabajos de investigación (RENATI), luego de esto la información se organizaron en tablas donde se pudo administrar más a detalle la información para poder seleccionar las investigaciones más familiarizadas con el tema.

**Tabla 4**

*Tabla de recolección de investigaciones.*

Nº.	Título	Autor	Año
1	Investigación 1	Autor 1	2022

---

*Nota:* En la tabla número 4 se muestra ejemplo de la recolección de las investigaciones.

Luego de analizar las investigaciones, se procedió a la selección de las tesis que se utilizaron para la elaboración del estudio, para esto se tuvo en cuenta algunos criterios como que tengan relación con el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles, Parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú, que no tengan una antigüedad mayor a 10 años, las investigaciones deben ser peruanas; así mismo, deben tener la información adecuada para poder desarrollar el estudio propuesto.

Posteriormente, se procedió a registrar las investigaciones en la ficha resumen colocando la información de cada uno como título, autor, año de publicación, objetivos,

resumen donde se presenta la metodología que se utilizó, resultados a los que llegaron, objetivos tanto generales como específicos y finalmente conclusiones que se dieron para las investigaciones que se encontraron.

Además, se registró información de las 30 investigaciones, en donde se examinaron los diferentes tipos de métodos de pavimentos flexibles para poder determinar el más frecuente, teniendo en cuenta el lugar de procedencia de la investigación, donde tiene que ser netamente peruana.

Seguidamente, se determinaron los métodos de diseño más comunes de acuerdo a las investigaciones realizadas en Perú para posteriormente la elaboración del estudio. Así mismo, se determinaron cada parámetro que posee distinto método de diseño de pavimentos flexibles.

Por otra parte, la actual investigación posee una implicancia un manual de aplicación ( ver anexo 4) el cual detalla el procedimiento para llevar a cabo el diseño de los pavimentos flexibles con la metodología más frecuente, para este caso se eligieron 5 métodos de diseño de pavimentos flexibles y sus respectivos parámetros de diseño como: Método del instituto de la Ingeniería de la UNAM, Método AASHTO-93, Método de diseño español MOPU, Método RACIONAL, Método del Instituto del asfalto de los EUA, los cuales se describen a continuación.

### **Método del Instituto de ingeniería de la UNAM.**

- **Antecedentes:** Desde hace aproximadamente tres décadas, en México han contado con un método de diseño de pavimentos flexibles desarrollados por el instituto de ingeniería de la UNAM, donde parte del análisis de datos experimentales en tramos de pruebas en carreteras en servicio. Actualmente el

método está preparado para ser manejado con la ayuda de gráficas, calculadoras programables o con la ayuda del cómputo, además el método se encuentra en la publicación N° 444 de dicha institución en el año 1981.

- **Datos de entrada (Parámetros).**

En este caso trabajaremos para los datos de entrada con un programa llamado DISPAV-5 donde considera el tipo de carretera, tránsito del proyecto, materiales a emplear y nivel de confianza, a continuación, se detallan los pasos en el orden sugerido por el programa.

- **Clima**

El método contempla factores de medio ambiente y varios tipos o clases de asfalto según las necesidades particulares de los usuarios, esto es, tres diferentes temperaturas, según la región donde se pretenda construir el pavimento climas fríos, templados y calientes, 7°C, 15.5°C Y 24°C, respectivamente, empleando cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40 recomendándose la clasificación siguiente:

**Figura 3**

*Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima*

CLIMA	TEMPERATURA	GRADOS DE ASFALTO
Frío	Menor o igual a 7°C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 y 24°C	AC-10, AC-20
Caliente	Mayor de 24°C	AC-20, AC-40

*Fuente: Miguel Sánchez Mejía 2012*

- **Tipo de carretera.**

Se presentan dos modelos de diseño:

Diseño de carreteras de altas especificaciones en la cuales se requiere un nivel de servicio alto de la superficie de rodamiento, al final de la vida del proyecto la deformación esperada con este modelo es del orden  $\Delta 20 = 1.2$  cm con agrietamiento ligero o medio.

Diseño de carreteras normales en donde la deformación permanente esperada al término de la vida del proyecto es de  $\Delta 20 = 2.5$  cm con agrietamiento medio o fuerte. Este tipo de diseño se debe hacer mantenimiento rutinario frecuente.

En caso de los caminos de altas especificaciones las consideraciones anteriores tienen mayor relevancia y es necesario elegir materiales de construcción de muy buena calidad emplear un diseño correcto en las mezclas asfálticas, considerando la posibilidad de realizar pruebas de comportamiento de las mismas, para tener una mayor confiabilidad en el proyecto y por último aplicar un control de calidad riguroso durante la construcción.

- **Tránsito de proyecto.**

El método requiere dos tránsitos de proyecto:

Transito equivalente para el diseño por fatiga de las capas ligadas (daño superficial). Transito equivalente para el diseño por deformación permanente acumulada (daño profundo)

En el proceso de análisis se acostumbra a utilizar el transito equivalente referido a los ejes sencillos y peso estándar de 8.2 tn. En carretas de dos carriles el tránsito del carril proyectado se considera como la mitad del total que soportará la carretera, en carreteras de dos o más carriles debe estimarse la proporción de vehículos que soportará el carril de proyecto. Sino se cuenta con información confiable, pueden estimarse las siguientes distribuciones del

tránsito total para dicho carril del proyecto, así como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.**

*Distribución del tránsito en el carril del proyecto*

Número de carriles en ambas direcciones	Coefficiente de distribución en el carril de proyecto en porcentaje
2	50
4	40 - 50
6	30 - 40

*Fuente:* Sánchez 2012

Después de haber calculado el tránsito de proyecto, el programa lo clasifica en cuatro niveles con el objetivo de establecer espesores mínimos de cada capa de acuerdo con lo siguiente, ver tabla 6.

**Tabla 6.**

*Niveles del tránsito equivalente en el carril proyectado.*

Nivel del tránsito equivalente	Ejes equivalentes de 8.2 tn métricas
I	$T < 10^6$
II	$10^6 < T \leq 10^7$
III	$10^7 < T \leq 5 \times 10^7$
IV	$5 \times 10^7 < T$

*Fuente:* Sánchez 2012

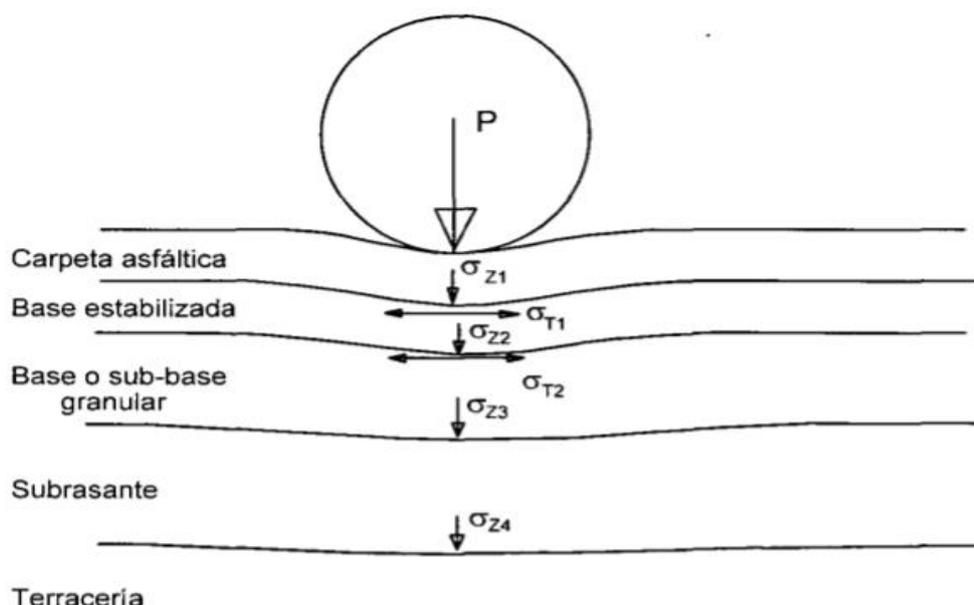
**- Capas consideradas.**

Es conveniente emplear un número de capas no mayor de cinco, de tal manera que tanto el análisis como la construcción corresponda a un proyecto bien definido, fácil de construir y de conservar durante la vida de servicio.

De acuerdo a lo anterior el programa DISPAV-5 está proyectado para analizar con un máximo de 5 capas. Ver figura 3.

**Figura 3**

*Niveles del tránsito equivalente en el carril proyectado.*



*Nota.* Niveles de tránsito equivalente en el carril de diseño extraído de (Sánchez 2012)

- **Valores relativos de soporte crítico VRSz.**

En esta parte el programa revisa los valores más críticos introducidos en relación con los valores máximos y mínimos permisibles para cada capa, si dicho VRSz es mayor entonces se toma el VRSz máx. como valor del proyecto tal y como se muestra en la tabla número 7.

**Tabla 7**

*VRS<sub>máx.</sub> para todos los niveles de tránsito.*

<b>Carpeta asfáltica</b>	<b>VRS máx.</b>
--------------------------	-----------------

Base	120
Sub-base	30
Subrasante	20
Terracería	20

*Fuente: Sánchez 2012*

Los VRSz mínimos se especifican para limitar la cantidad mínima de la base y de la terracería. Ver tabla 8.

### **Tabla 8.**

*VRSz mínimos para todos los niveles de tránsito.*

<b>Material</b>	<b>VRSp mínimo permisible en porcentaje</b>
Base	70
Terracería	3

*Fuente: Sánchez 2012*

*Nota: si se introduce valores menores a estos, el programa se detiene automáticamente.*

En el caso de la terracería un valor relativo de soporte implica un terreno de cimentación que requiere estudios geotécnicos especiales para diseñar la sección estructural de la carretera. Donde posiblemente existan problemas de drenaje.

#### **- Módulos elásticos de las capas no estabilizadas.**

Para el diseño es necesario encontrar las deformaciones unitarias críticas de tensión en la parte inferior de la carpeta. Para eso se necesita conocer el módulo de rigidez (módulo elástico) de las capas no estabilizadas. El programa solicita dicho módulo en caso de no se tenga una estimación fundamentada de ese valor se presenta al usuario la opción de estimarlo a partir

del VRSz crítico esperado en el lugar (sin afectarlo por restricciones de valores mínimos o máximos), de acuerdo con el modelo desarrollado en el instituto de la ingeniería UNAM la elasticidad tiene el valor siguiente:  $E = 130VRSz^{0.7}$ .

Por otro lado, el módulo de rigidez y el VRSz deben tomarse con precaución, pues se obtienen para condiciones muy generales y pueden requerir modificaciones, el programa permite que el usuario cambie los valores para tomar en cuenta su experiencia con los materiales específicos del proyecto.

- **Relaciones de Poisson.**

Cabe mencionar que es necesario la relación de Poisson en todas las capas del pavimento, donde este parámetro es difícil determinarlo experimentalmente ya que se requieren máquinas de prueba con una instrumentación que permita medir con precisión las deformaciones verticales y horizontales. Asimismo, el programa suministra valores promedio para cada capa y permite al beneficiario modificar esos valores en caso de contar con la información confiable de ese parámetro para los materiales específicos que emplea.

- **Espesores mínimos de cada capa.**

El espesor obtenido para cada capa se compara con el espesor mínimo especificado para el nivel de tránsito de proyecto establecido. Si el espesor calculado es menor al mínimo, se toma como espesor de proyecto y se

disminuyen los espesores de las capas inferiores de acuerdo con los coeficientes estructurales de esas capas.

Los espesores mínimos especificados para las capas de base sub-base se fijan por consideraciones constructivas, fundamentados en el comportamiento de carreteras en condiciones reales de servicio. Ver tabla 9

**Tabla 9.**

*Espesores mínimos de las capas de pavimento flexible.*

<b>Espesores mínimos de las capas de pavimento flexible en cm</b>				
	I	II	III	IV
Carpeta	0	5	5	5
Base	15	15	15	15
Sub-base	15	15	15	15
Subrasante	20	30	30	30
Subrasante	30	40	40	40

*Nota:*

Aplicables a caminos normales y carreteras de altas especificaciones (\*)

Aplicable a caminos normales (\*\*)

Aplicable a carreteras de altas especificaciones (\*\*\*)

Finalmente se estima que los caminos con transito equivalente menor a un millón de ejes estándar pueden construirse con un tratamiento superficial sobre una base de buena calidad.

**Método de diseño español MOPU**

- **Antecedentes:**

Según el instituto de transporte Ministerio de Obras Públicas de España (MOPU) instruyó en 1989 a utilizar el “Catálogo de Secciones de Pavimentos Flexibles y

Rígidos". Tomando en cuenta la intensidad media diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto y en el año de la puesta en servicio.

Donde se utilizan para el diseño tres categorías de subrasante, definidas por su mínimo valor relativo de soporte (VRS). En base a variables anteriores, el Catálogo proporciona 13 alternativas de solución para 5 diferentes tránsitos, 3 categorías de subrasantes y 8 clases de materiales diferentes, para usarse en las capas de la sección estructural de los pavimentos. Además, considera como periodo de servicio de 20 años para los pavimentos flexibles y de 30 años para los pavimentos rígidos elaborados con concreto hidráulico, también toma en cuenta la intensidad media diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto y en el año puesta en servicio.

- **Datos de entrada (Parámetros).**

En este método tiene como datos de entrada o parámetros de diseño de pavimentación flexible lo siguiente:

- **Clima:**

Las carreteras en terrenos planos, ondulados, accidentados y muy accidentados. Se ubican indistintamente en la costa (poca lluvia), sierra (lluvia moderada) y selva (muy lluviosa).

- **Tránsito:**

Para el diseño de secciones estructurales de los pavimentos flexibles, el método español considera únicamente los "vehículos pesados", mismos que define de la siguiente manera: Camiones de carga útil superior a 3 Ton, de más de 4 ruedas y sin remolque, Camiones con uno o varios remolques, Vehículos

articulados, Vehículos especiales, Vehículos de pasajeros con más de 9 plazas, tal y como se muestra a continuación en la tabla número 10 de categorías de tránsito pesado.

**Tabla 10**

*Categorías de tránsito pesado.*

CATEGORÍAS DE TRÁNSITO PESADO	IMDp
T0	MAYOR DE 2,000
T1	ENTRE 800 Y 2,000
T2	ENTRE 200 Y 800
T3	ENTRE 50 Y 200
T4	MENOR DE 50

Para el diseño de nuevas construcciones de autopistas y carreteras, recomiendan que en ningún caso la categoría seleccionada sea inferior a T 1, que involucra una IMDp entre 800 y 2,000 vehículos pesados y, cuando se justifique que los ejes de los vehículos pesados estén sobrecargados, se deberá adoptar la categoría inmediata superior.

- **Subrasante:** se considera 3 categorías de subrasante, definidas por el índice VRS mínimo; esto es: E 1, entre 5 y 10, E 2, entre 10 y 20 y E 3, para índices mayores de 20%, determinados por los métodos de ensayos especificados y en las condiciones más desfavorables de humedad y densidad, además el método no admite subrasantes de tipo E 1 para tránsito pesado T0 Y T1, por ello se recomienda la utilización de materiales estabilizados con cal o cemento. En la figura 4 se sugieren algunos materiales utilizables en la subrasante.

**Figura 4**

*Materiales utilizables en subrasantes.*

<b>Símbolo</b>	<b>Definición del material</b>	<b>Artículo correspondiente del PPTG</b>	<b>Prescripciones complementarias</b>
0	Suelo tolerable	330 Terraplenes	
1	Suelo adecuado	330 Terraplenes	
2	Suelo seleccionado	330 Terraplenes	
3	Suelo seleccionado	330 Terraplenes	VRS $\geq$ 20
T	Material de la zona de transición en pedraplenes	511 Suelos estabilizados in situ con cemento 510 Suelos estabilizados in situ con cal	
S-EST 1	Suelo etabilizado in situ con cemento o con cal	330 Terraplenes 511 Suelos estabilizados in situ con cemento 510 Suelos estabilizados in situ con cal	VRS de la mezcla a los 7 días $\geq$ 5 (cemento o cal $\geq$ 2%).
S-EST 2	Suelo adecuado estabilizado in situ con cemento o con cal	330 Terraplenes 511 Suelos estabilizados in situ con cemento	VRS de la mezcla a los 7 días $\geq$ 10 (cemento o cal $\geq$ 3%).
S-EST 3	Suelo adecuado estabilizado in situ con cemento o con cal		Resistencia a compresión simple a los 7 días $\geq$ 1.5 Mpa.

*Nota.* Sugerencia de algunos materiales utilizables en la subrasante extraído de (Gerardo 2015)

- **Materiales para capas superiores:**

según (Gerardo, 2015) Recomienda que para las siguientes categorías de tránsito pesado T 0, T 1 y T 2 (intensidades diarias mayores a 200 vehículos pesados en el carril de diseño) se deben utilizar exclusivamente mezclas asfálticas en caliente para la superficie de rodamiento. En los casos de tránsitos pesados con categorías T3 o T4 (IMDp entre 50 y 200) se permite el empleo de mezclas asfálticas en frío, además de las mezclas en caliente, pero se restringen los espesores mínimos teniendo como capa sub base 20, en la base 15 y la carpeta de rodadura 6 cm respectivamente como se muestra en la tabla número 11.

**Tabla 11.**

*Espesores de diseño método español MOPU.*

---

**Espesores mínimos por el método español MOPU.**

---

Carpeta asfáltica	6 cm
Base	15 cm
Sub base	20 cm

---

*Fuente:* Gerardo 2015.

Finalmente, el catálogo proporciona recomendaciones de materiales y de dimensionamiento relativos a espesores, anchos de acotamientos, juntas longitudinales y transversales para la superficie de rodamiento, texturas abiertas o cerradas, drenaje superficial y subdrenaje, entre otros.

### **Método del instituto del asfalto de los Estados Unidos de América.**

- **Antecedentes:**

Según (Hernandez, 2015) El método más reciente del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, editado en 1991 y que fue publicado en 1993, presenta algunos cambios significativos, respecto a los otros métodos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles.

A continuación, se presenta un procedimiento de diseño para obtener los espesores de la sección estructural de pavimentos flexibles, donde se utilizan el cemento asfáltico y las emulsiones asfálticas en toda su sección. Se incluyen varias combinaciones de carpeta de rodadura de concreto asfáltico, carpetas elaboradas con emulsiones asfálticas, bases asfálticas y bases o subbases granulares. Así mismo, se reconoce que los avances en la tecnología requieren

más conocimientos sobre las propiedades de los materiales para las necesidades actuales de los sistemas viales, por lo que el método vigente, probablemente

requiera revisión e implementación a tiempos futuros. A continuación, los datos de entrada o parámetros de diseño.

- **Clima:**

Los factores que en nuestro medio mas afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de sub rasante especialmente, este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares asfálticas.

Dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento de la temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas ocasionando en ellas deformaciones o agrietamientos que influirán en el nivel de servicio de la vía.

- **Estimación del tránsito:** El método actual considera el "Período de Diseño" de la siguiente manera: Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito para cualquier período de diseño. Al término de éste, se espera que el pavimento requiera alguna acción de rehabilitación mayor, como puede ser una sobre carpeta de refuerzo.

Por tanto, sabemos que la vida útil del pavimento, o "Período de Análisis", puede ser extendida indefinidamente, a través de sobre carpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta por cambios significativos en pendientes, alineamiento geométrico y otros factores. En la

versión reciente, el método considera períodos de diseño de 1 a 35 años y tasas de crecimiento del tránsito del 2 al 10% ver tabla 12.

**Tabla 12**

*Tasa anual de crecimiento del tránsito.*

Período de Diseño, años(n)	Tasa Anual de Crecimiento, en porcentaje.						
	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.02	2.04	2.05	2.00	2.07	2.08	2.10
3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.31	6.03	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	14.68	16.03	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Gerardo 2015

El actual método recomienda los siguientes valores para el cálculo del porcentaje de camiones en el flujo vehicular sobre el carril de diseño:

**TABLA 13**

*Porcentaje de camiones en el carril de diseño.*

N° DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	% DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45
6 o Más	40

*Fuente:* Gerardo (2015)

En la Tabla 14 el método proporciona factores de equivalencia de la carga para ejes sencillos, dobles o triples, incluyendo cargas sobre el eje desde 0.5 toneladas hasta 41 toneladas, lo que se considera cubre sobradamente cualquier condición de peso de vehículos de carga en cualquier red de carreteras.

**TABLA 14.**

*Factores de equivalencia de carga.*

Carga total por eje o conjunto de Ejes.		Factores de equivalencia de carga		
Kn	lb	Eje sencillo	Ejes dobles	Ejes triples
4.45	1.000	0.00002		
8.90	2.000	0.00018		
17.80	4.000	0.00209	0.0003	
26.70	6.000	0.01043	0.001	0.0003
35.60	8.000	0.0343	0.003	0.001
44.50	10.000	0.0877	0.007	0.002
53.40	12.000	0.189	0.014	0.003

62.30	14.000	0.36	0.027	0.006
71.20	16.000	0.623	0.047	0.011
80.00	18.000	1	0.077	0.017
89.00	20.000	1.51	0.121	0.027
97.90	22.000	2.18	0.18	0.04
106.80	24.000	3.03	0.26	0.057
115.60	26.000	4.09	0.364	0.08
124.50	28.000	5.39	0.495	0.109
133.40	30.000	6.97	0.658	0.145
142.30	32.000	8.88	0.857	0.191
151.20	34.000	11.18	1.095	0.246
160.10	36.000	13.93	1.38	0.313
169.00	38.000	17.2	1.7	0.393
178.00	40.000	21.08	2.08	0.487
187.00	42.000	25.64	2.51	0.597
195.70	44.000	31	3	0.723
204.50	46.000	37.24	3.55	0.868
213.50	48.000	44.5	4.17	1.033
222.40	50.000	52.88	4.86	1.22
231.30	52.000		5.63	1.43
240.20	54.000		6.47	1.66
249.00	56.000		7.41	1.91
258.00	58.000		8.45	2.2
267.00	60.000		9.59	2.51
275.80	62.000		10.84	2.85
284.50	64.000		12.22	3.22
293.50	66.000		13.73	3.62
302.50	68.000		15.38	4.05
311.50	70.000		17.19	4.52
320.00	72.000		19.16	5.03
329.00	74.000		21.32	5.57
338.00	76.000		23.66	6.15
347.00	78.000		26.22	6.78

356.00	80.000	29	7.45
364.70	82.000	32	8.2
373.60	84.000	35.3	8.9
382.50	86.000	38.8	9.8
391.40	88.000	42.6	10.6
400.30	90.000	46.8	11.3

*Fuente:* Pólito (2015)

En la versión más actual, este método incorpora factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño, para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, en función de su presión de inflado y de los espesores de la carpeta asfáltica, donde contempla desde cuatro hasta diez pulgadas de espesor (10 y 25 cm respectivamente).

Como consecuencia de dicho método, pueden afinarse, las condiciones de carga con que realmente operan los vehículos tomando en cuenta los que circulan en vacío, los que lo hacen con diferentes porcentajes de carga por abajo del valor reglamentario 7 y los que lo hacen con diferentes porcentajes de carga por arriba de dicho valor reglamentario. Esta información, actualmente disponible para las condiciones de operación mexicanas, permite la estimación de ejes de diseño con un grado de aproximación mucho mayor, de las cargas que realmente pueden asociarse a los diferentes tipos de vehículos en las carreteras de México. (Pólito, 2015)

- **Evaluación de los materiales:** Para el diseño de los espesores de una sección estructural del pavimento flexible, el método considera como parámetro fundamental, la obtención del Módulo de Resiliencia ( $M_r$ ). De esta manera, reconocen que no todos los organismos o dependencias tienen el equipo

adecuado para llevar a cabo tal prueba, por lo que han establecido factores de correlación entre  $M_r$  y la prueba estándar de Valor Relativo de Soporte donde señalan que los resultados son bastante aproximados; sin embargo, para un diseño preciso, se recomienda llevar a cabo la prueba del Módulo de Resiliencia para la capa de la subrasante los cuales los Factores Recomendados de Correlación son:  $M_r$  (Mpa) = 10.3 CBR y  $M_r$  (psi) = 1,500 CBR.

Es necesario recalcar que tales factores de correlación solo se aplican a materiales de la capa subrasante, no sirve para materiales granulares que se pretendan emplear en las capas de subbase o de la base.

El método recomienda los siguientes valores en función al tránsito esperado para calcular el Módulo de Resiliencia de diseño de la capa subrasante todo esto en función del tránsito esperado sobre el pavimento en estudio.

**TABLA 15.**

*Valor para el diseño de la subrasante, de acuerdo al nivel del tránsito.*

<b>NIVEL DEL TRÁNSITO</b>	<b>VALOR PERCENTIL PARA DISEÑO DE SUBRASANTE</b>
Menor de 10, 000 ejes equivalentes	60
Entre 10, 000 y 1, 000, 000 de ejes equivalentes	75
Mayor de 1, 000, 000 de ejes equivalentes	87.5

*Fuente: Hernández (2015).*

Así mismo, se recomienda los siguientes valores para las diferentes pruebas a realizarse con materiales de bases y subbases:

**TABLA 16.**

*Valores para diferentes pruebas con materiales de bases y sub bases.*

PRUEBA	REQUISITO	REQUISITOS
	S SUBBASE	BASE
VRS, mínimo	20	80
Valor R, mínimo	55	78
Límite Líquido, máximo	25	25
Índice Plástico, máximo	6	NP
Equivalente de Arena, mínimo	25	35
Material que pasa la malla 200, máximo, (finos)	12	7

*Fuente:* Hernández (2015).

El Instituto Mexicano del Transporte recomienda los siguientes valores de la tabla 17:

**TABLA 17.**

*Valores recomendados por el I.M.T.*

I.M.T.	SUBBASE	BASE
% FINOS	15 – 25	10 – 15
LIMITE LIQUIDO	25 – 30	25 – 30
INDICE PLÁSTICO	6 – 10	6 – 6
VRS	40 - 30	100 - 80

*Fuente:* Hernández (2015).

Es importante saber, que el método contempla factores de medio ambiente y varios tipos o clases de asfalto según las necesidades particulares de los

usuarios. Esto en tres diferentes temperaturas, según la región donde se pretenda construir el pavimento, climas fríos, templados y calientes, 7°C, 15.5°C y 24°C, respectivamente, empleando cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40, recomendándose la clasificación siguiente.

**TABLA 18.**

*Grados de asfalto de acuerdo al tipo de clima.*

CLIMA	TEMPERATURA	GRADOS DE ASFALTO
FRÍO	MENOR O IGUAL A 7°C	AC - 5, AC - 10
TEMPLADO	ENTRE 7 Y 24°C	AC - 10, AC - 20
CALIENTE	MAYOR QUE 24°C	AC - 20, AC - 40

*Fuente Román (2015).*

En cuanto a requerimientos de espesores mínimos, en función del nivel de tránsito en ejes equivalentes, el método recomienda los siguientes valores:

- A) Para superficies de pavimento asfáltico construidas sobre bases emulsificadas tenemos la tabla 19 de espesores mínimos:

**TABLA 19.**

*Espesores mínimos de carpeta asfáltica, de acuerdo al nivel de tránsito.*

NIVEL TRÁNSITO EN EJESEQUIVALENTES	ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA EN CM (1)
10,000	5.0
100,000	5.0
1'000,000	7.5
10'000,000	10.0
Mayor de 10'000,000	13.0

*Fuente Román (2015).*

*Nota:* Podrá usarse concreto asfáltico o mezclas asfálticas emulsificadas Tipo I con un tratamiento superficial, sobre bases asfálticas tipo II o Tipo III.

- B) Para las superficies de pavimento asfáltico, construidas sobre bases granulares sin estabilizar.

**TABLA 20**

*Espesores mínimos de superficies de concreto asfáltico sobre bases granulares sin estabilizar.*

<b>NIVEL TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES</b>	<b>CONDICIÓN DEL TRANSITO</b>	<b>ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA EN CM</b>
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,00 y 1'000,000	Mediano	10.0
mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 ó mas

*Fuente Román (2015).*

*Nota:* Para pavimentos de una sola capa formada con concreto asfáltico o pavimentos con emulsiones asfálticas, se requiere un mínimo de 10 cm.

**Cálculos de espesores de diseño:** El método más reciente del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, proporciona para el diseño final de los espesores de la sección estructural del pavimento flexible los siguientes espesores: capa de rodadura 8cm; base 10 y sub base 15 cm estos vendrían hacer los valores mínimos para pavimentos flexibles, tal y como se muestra en la tabla número 21.

**Tabla 21.**

*Espesores de diseño método instituto del asfalto.*

**Espesores por el método instituto del asfalto**

Carpeta asfáltica	8 cm
Base	10 cm
Sub base	15 cm

---

*Fuente:* Gerardo 2015.

### **Método Racional.**

- **Antecedentes:** En 1945 Donald M. Burmister propuso una teoría basada en la de Boussinesq, pero tenía en cuenta estratos y propiedades mecánicas de los materiales que conformaban la masa del suelo, desde el punto de vista de pavimentos el modelo puede ser usado para determinar esfuerzos, deformaciones y deflexiones en la subrasante.

A diferencia de los métodos, este se basa en un modelo multicapa linealmente elástico en donde los materiales se consideran homogéneos e isotrópicos, donde se supone una extensión infinita en el sentido horizontal, los materiales se encuentran caracterizados por su Módulo de elasticidad de Young (E) y la relación de Poisson, adicionalmente para su diseño se contemplan variables como, el módulo dinámico de la mezcla, numero de ejes equivalentes y el volumen de asfalto en la mezcla, contemplados estos parámetros en la metodología de diseño, se obtienen los espesores expresados en la figura 16.

La metodología racional busca aplicar teorías multicapa elástica para analizar el comportamiento y establecer los materiales y espesores necesarios.

- **Datos de entrada o parámetros para el diseño racional.**

- **Número de ejes equivalentes:** Se tomará  $Ne = 5.82 * 10^7$  con el fin de comparar el diseño por el método racional con los diseños de los métodos en estudio.

- **Esfuerzos admisibles**

**\*Deformación específica por tracción:** Es la que se produce en la parte inferior de las capas asfálticas y no debe ser mayor a la admisible, ya que se produciría el fisuramiento de la capa asfáltica. La ley de fatiga utilizada es la siguiente: ( $Etadm=0.00389*Ne^{-0.1626}$ )<sup>22</sup>

Reemplazando con los datos que se tiene  $Ne = 5.82 * 10^7$

$$Etadm=0.00389 * (8.82*10^7)^{-0.1626}$$

$$Etadm = 2.14*10^{-4}$$

**\*Esfuerzo de compresión:** La ley de fatiga utilizada normalmente se toma el promedio entre los criterios de Kerhoven y Dormon y el de CBR Bélgica. A continuación, se presentan ecuaciones, valores respectivos y promedio obtenido:

$$Esf. adm = \left( \frac{0.07*Esr}{1+0.7 \log Ne} \right)^{23}$$

Reemplazando con los datos que se tiene  $Ne = 5.82 * 10^7$  y  $Esr = 423$

$$Esf. adm = \left( \frac{0.07*423}{1+0.7 \log 5.82*10^7} \right) = 4.60$$

**\*Deformación específica por compresión:** La deformación vertical por compresión en la subrasante  $Ez$ , no puede superar los rangos admisibles, de hacerlo se producirían deformaciones permanentes en el suelo de fundación y en toda la estructura del pavimento. Para su evaluación se utilizó la siguiente expresión: ( $Ezadm=2.8x10^{-2}Ne^{-0.25}$ )<sup>24</sup>

Reemplazando con los datos que se tiene  $N_e=5.82 \times 10^7$  y  $E_{sr}=423$

$$E_{zadm}=2.8 \times 10^{-2} (5.82 \times 10^7)^{-0.25}$$

$$E_{zadm}=3.21 \times 10^{-4}$$

- **Elasticidades:** Calcular las elasticidades de cada una de las capas teniendo en cuenta los espesores escogidos por el diseñador, En donde CBR es el valor de la capacidad portante en términos de porcentaje; h (mm) el espesor de la capa que se analiza y E módulo elástico de la capa subyacente.

Para un diseño de 15 años, un  $N_e= 5.82 \times 10^7$  y una estructura de SBG = 55cm, BG= 25 y CA=16cm, Con un CBR de 4.23.

$$SR = 100 * CBR \text{ Kg/cm}^2$$

$$SR = 100 * 4.23=423 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_{\text{capa granular}} = 0.206 * (h^{0.45}) * E_{\text{capa anterior}} \text{ 25}$$

$$E_{SB}=0.206 * (500^{0.455}) * 423= 1428.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_{BG}=0.206 * (300^{0.45}) * 1428.05=3831.03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_{CA}=350000 \text{ psi}=24605 \text{ (Kg/cm}^2)$$

**Relación de Poisson:** En cuanto al otro término requerido por DEPAV, relación de Poisson, para la caracterización de las capas de las estructuras que se analizan, se tienen los siguientes valores normalmente empleados en el diseño racional de pavimentos: Capas asfálticas = 0.3

$$\text{Base} = 0.4$$

$$\text{Subbase} = 0.45$$

$$\text{Subrasante} = 0.5$$

- **Espesores:** se toman los siguientes espesores para realizar el diseño respectivo. ver tabla 22.

**Tabla 22.**

*Espesores de diseño método racional*

<b>Espesores por el método Racional</b>	
Carpeta asfáltica	8 cm
Base	15 cm
Sub base	20 cm

*Fuente:* López 2015.

### **Método AASHTO para el diseño de la sección estructural de los pavimentos:**

- **Antecedentes:**

Según (Ñaupas, Mejía, Novoa, & Villagómez, 2014). El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles en vías urbanas y rurales, el método establece que la carpeta de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

Por otro lado, según (Pólito, 2015). Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO-93 que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual

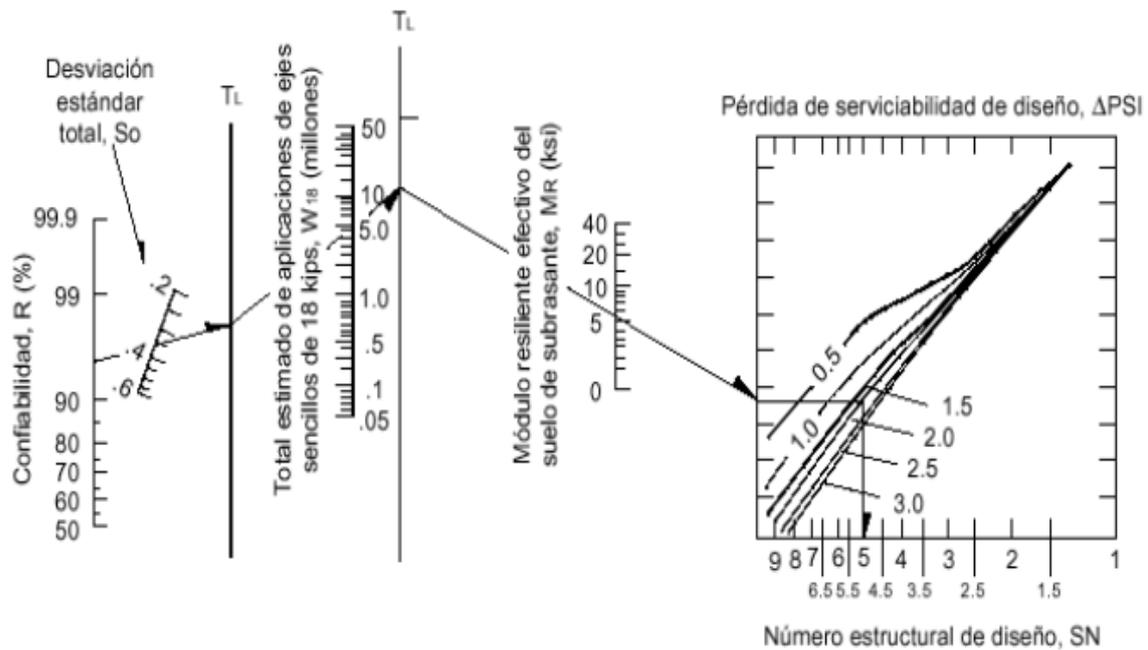
de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.

El diseño está basado principalmente en identificar un "número estructural SN" para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la gráfica de la Figura 17, que involucra los siguientes parámetros:

- A. El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, "W18".
- B. El parámetro de confiabilidad, "R".
- C. La desviación estándar global, "So".
- D. El módulo de resiliencia efectivo, "Mr" del material usado para la subrasante.
- E. La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y finales deseados, " $\Delta$ PSI".

## Figura 5

*Grafica de diseño para estructuras de pavimento flexible.*



Nota: Grafica de diseño para estructuras de pavimento flexible extraído de (Sánchez 2015)

- **Datos de entrada o parámetros de diseño.**

- **Tránsito.** El método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W18 en el carril de diseño.

$$W18 = DD * DL * W_{E18}$$

Dónde:

W18 = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

DD = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

$W_{E18}$  = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

DL = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores:

### TABLA 23

*Factor de distribución por carril.*

Nº DE CARRILES EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE EN $W_{18}$ EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 O MAS	50 -75

*Fuente:* Aguilera (2014)

Una vez determinado y calculado los ejes equivalentes acumulados en el primer año, el diseñador deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño (años), el total de ejes equivalentes acumulados y así contar con un parámetro de entrada para la ecuación general o para el nomograma de la Figura 5.

Además, cabe recalcar que es sumamente importante hacer notar que la metodología original de AASHTO-93 usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera tal y como se muestra en la tabla número 24:

### TABLA 24

*Periodos de diseño en función del tipo de carretera.*

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 – 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

*Fuente Román (2015)*

- **Confiabilidad “r”:** Con este parámetro se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, deben durar 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. (Silvestre, 2014)

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

## TABLA 25

*Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.*

### NIVELES DE CONFIABILIDAD

**CLASIFICACION**

**NIVEL RECOMENDADO POR EL**

**FUNCIONAL:**

**AASHTO PARA CARRETERAS**

---

Carretera Internacional o	
Autopista	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red secundaria o Estatal	75 - 95
Red Rural o local	50 - 80

---

*Fuente Román (2015).*

- **Desviación estándar global “so”:** Este parámetro está ligado muy directamente con la Confiabilidad (R), habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor de “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Según (Gerardo, 2015) Valores de “So” en los tramos de prueba de AASHO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.

- **Módulo de resiliencia efectivo:** Según (Hernandez, 2015) Para obtener el módulo de resiliencia efectivo estacional, o variaciones del Mr a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: uno, obteniendo la relación en el laboratorio entre el módulo de resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y dos utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en

servicio durante diferentes estaciones del año, Por otro lado, para el diseño de pavimentos flexibles, únicamente se recomienda convertir los datos estacionales en módulo de resiliencia efectivo de la capa subrasante.

Para ello puede utilizarse la siguiente ecuación matemática.

$$Uf = 1.18 \times 10^8 * M R^{-2.32}$$

$Uf$  = Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).

$MR$  = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con deflexiones cada quincena o mes.

Y, por último:  $Uf$  = Promedio de daño efectivo =  $\Sigma(Uf) / n$

Por lo que el  $MR$  efectivo, será el que corresponda al  $Uf$  promedio

- **Determinación de espesores por capas: según** (Vasquez, 2015) Una vez que el diseñador ya haya obtenido el Número Estructural "SN", utilizando el gráfico o la ecuación general de diseño, donde se involucraron los parámetros anteriormente descritos, se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original.

La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta de rodadura, base y subbase, haciéndose notar que el actual método de AASHTO-93, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

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

Dónde:

$a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  = vienen hacer los coeficientes de capa representativos de carpeta, base y subbase respectivamente.

$D1, D2$  y  $D3$  = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

$m2$  y  $m3$  = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

Con respecto a los coeficientes de drenaje,  $m2$  y  $m3$ , correspondientes a las capas de base y subbase respectivamente, el método actual de AASHTO se basa en la capacidad del drenaje para remover la humedad interna del pavimento, definiendo lo siguiente:

**TABLA 26**

*Capacidad del drenaje para remover la humedad.*

<b>CALIDAD DE DRENAJE:</b>	<b>AGUA REMOVIDA EN:</b>
Excelente	2 horas
Bueno	1 días
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

*Fuente:* Aguilera (2014)

A continuación, en la Tabla 27 se presentan los valores recomendados para  $m2$  y  $m3$  (bases y subbases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación

**TABLA 27**

*Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y subbases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.*

**Porcentaje de tiempo al cual está expuesta la estructura  
del pavimento a niveles de humedad próxima a la  
saturación.**

<b>Calidad del drenaje</b>	<b>Menor del 1%</b>	<b>1 - 5%</b>	<b>5 - 25%</b>	<b>Mayor del 25%</b>
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.55 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

*Fuente Pólito (2015)*

Para capas estabilizadas con asfalto y para la superficie de rodamiento elaborada con concreto asfáltico, el método no considera un posible efecto por el drenaje, por lo que en la ecuación de diseño sólo intervienen valores de m<sup>2</sup> y m<sup>3</sup> y no se asigna valor para m<sup>1</sup> correspondiente a la carpeta.

Para el cálculo de los espesores D1, D2 y D3 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados

**TABLA 28**

*Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes.*

<b>TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES</b>	<b>CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO</b>	<b>BASES GRANULARES</b>
Menor de 50,000	1.0 ó T.S.	4.0
50,001 - 500,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0

Mayor de 7'000,000

4

6.0

*Fuente:* Deroussen (2015)

A continuación, el método Aashto-93 recomienda usar los siguientes espesores mínimos como guía para el diseño de pavimentos flexibles.

**Tabla 29.**

*Espesores de diseño método Aashto.*

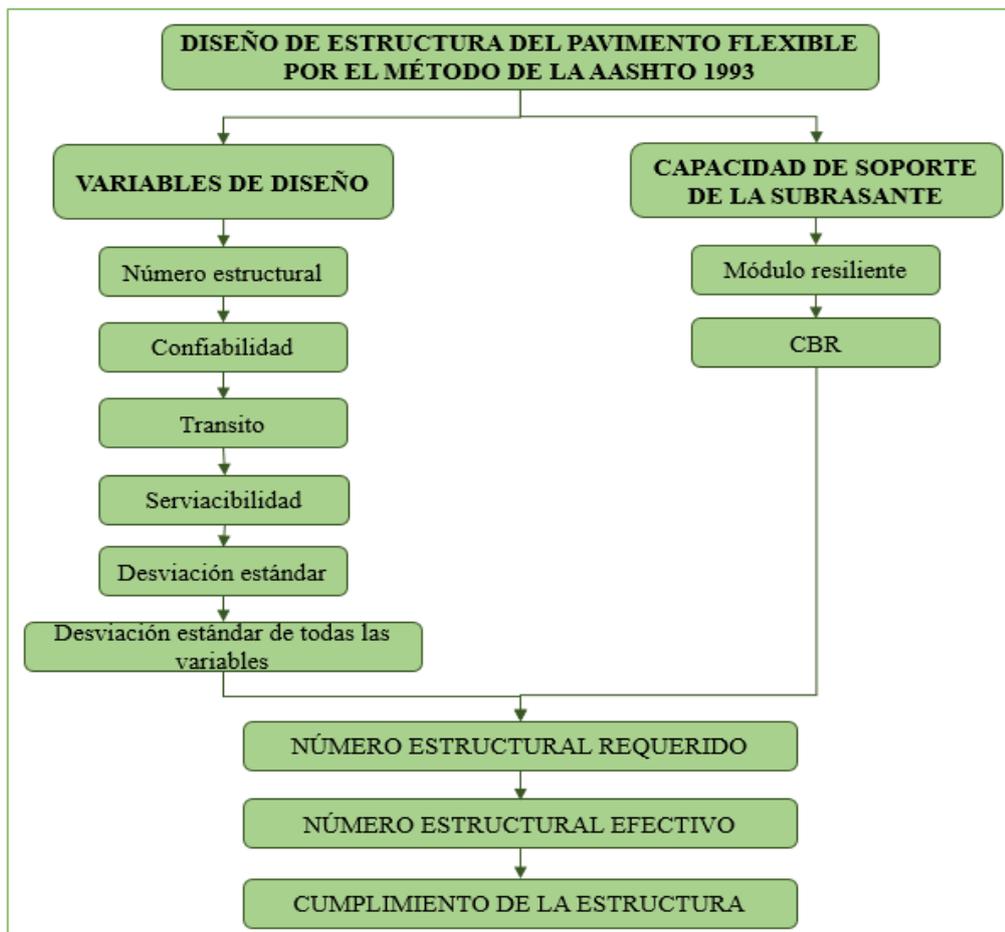
<b>Espesores por el método Aashto</b>	
Carpeta asfáltica	10 cm
Base	15 cm
Sub base	25 cm

*Fuente:* Pólito 2015.

De esta manera llegamos a que el método AASHTO 93, es de carácter empírico, lo que hace que sea difícil establecer las relaciones propuestas para condiciones diferentes a las que ya existentes, situación que representa dificultades al momento de aplicarlo a condiciones locales de un proyecto, lo que hace necesario la combinación de conocimientos empíricos con conceptos mecanicistas (Vargas, Romero y Soriano, 2014).

**FIGURA 6**

*Método de diseño AASHTO-93 diseño de estructura.*



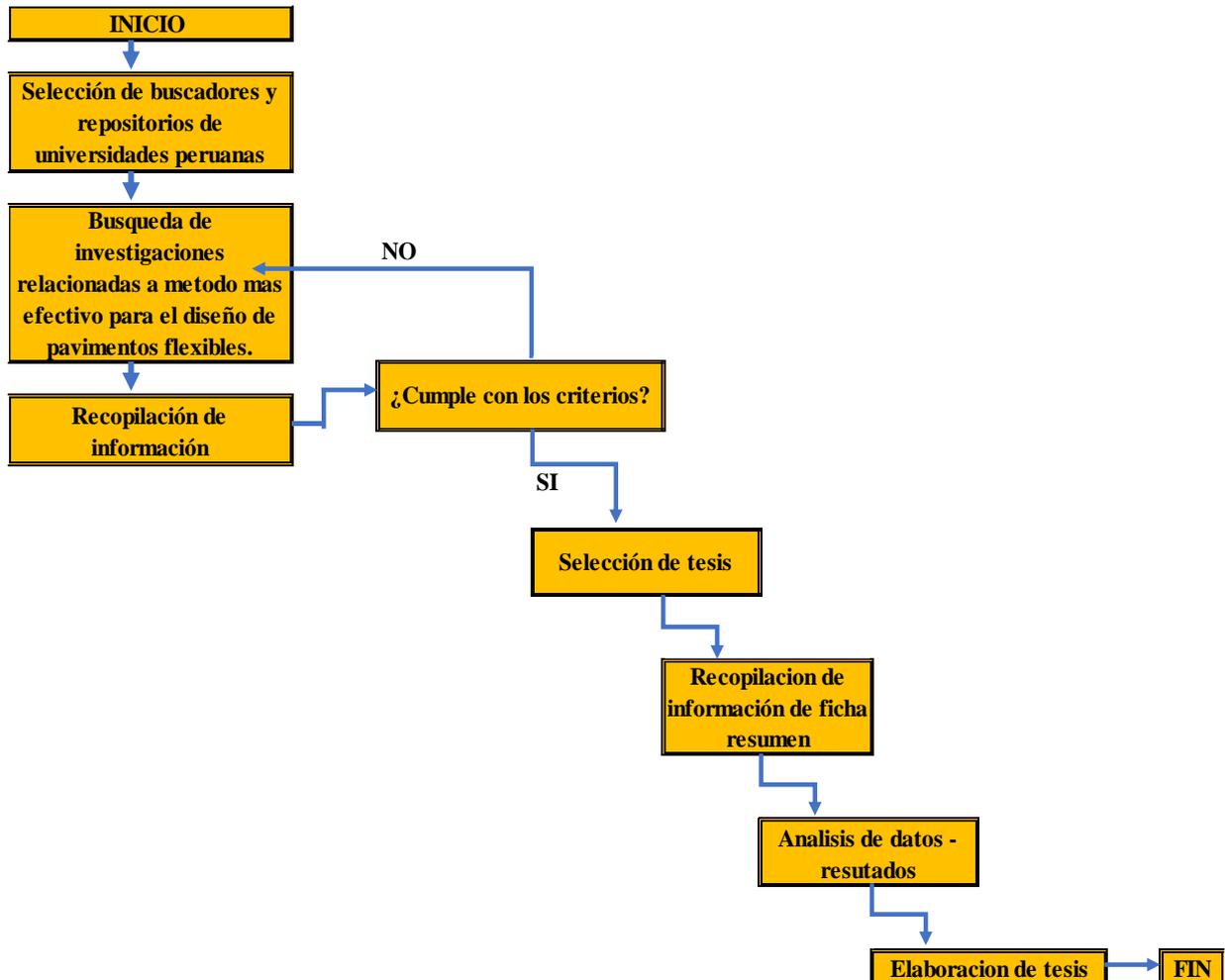
*Nota:* El mapa conceptual es Adaptado de diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del asfalto

Finalmente, en este capítulo además de la descripción de los métodos de diseño, se realizará en el capítulo de resultados las tablas y gráficos donde se va a comparar la antigüedad de cada método, sus datos de entrada de cada método (parámetros), espesores.

Para complementar el método de elaboración de esta tesis, se presentará un flujograma de la investigación.

**Figura 7**

*Flujograma de la investigación.*



*Nota.* En la figura 7 se puede observar las etapas de la investigación.

Asimismo, como aspectos éticos, se ha considerado lo siguiente;

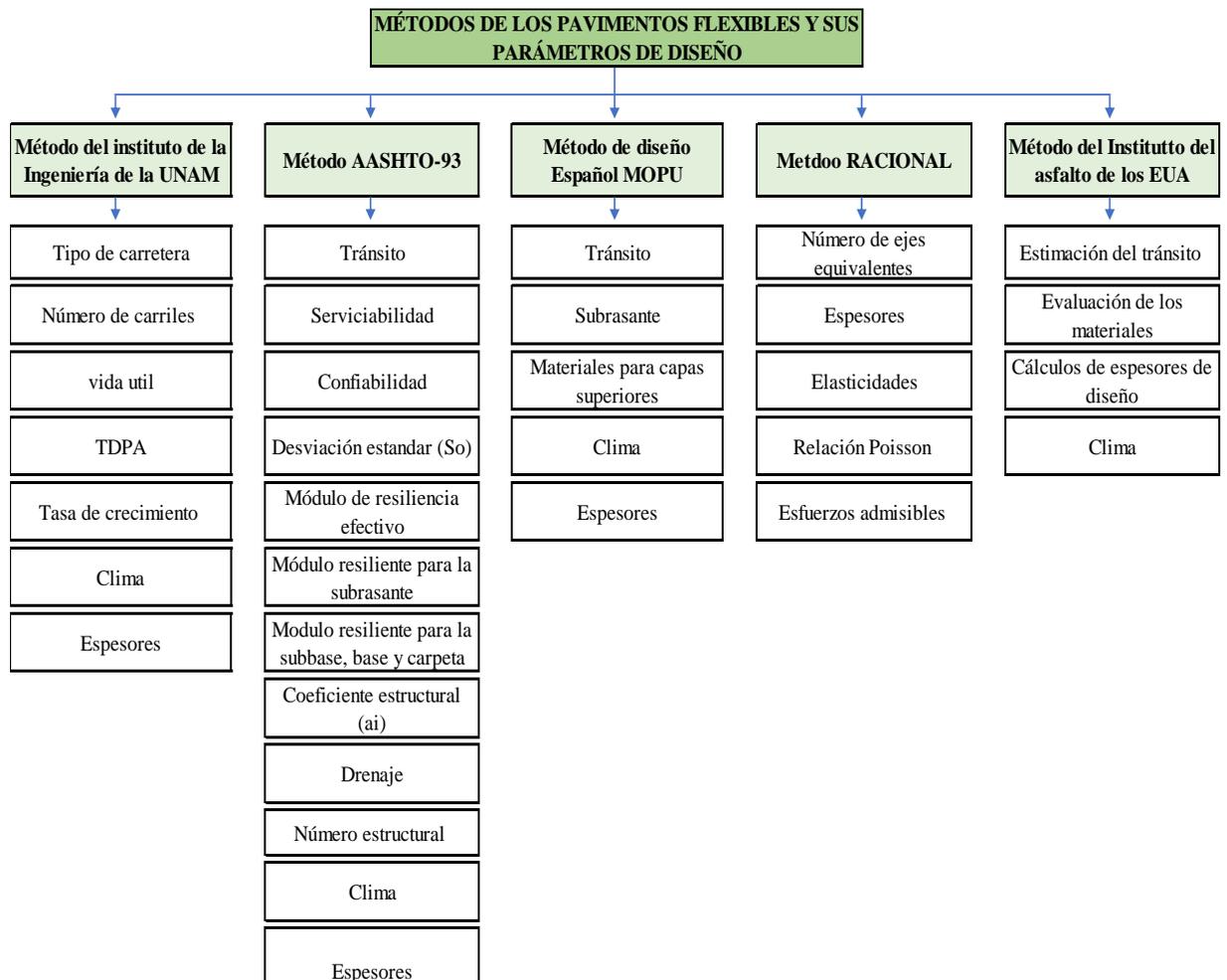
- En este estudio se han recolectado investigaciones de repositorios y páginas de libre descarga
- Todos los estudios serán citados respetando los derechos de autor.
- Los resultados son 100% reales y sin ningún tipo de manipulación.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presentan los resultados, los cuales se obtuvieron de la recolección de datos de las investigaciones analizadas, de tal modo que, utilizaremos tablas y gráficos de barras, donde determinaremos el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú – Cajamarca 2022, a continuación, se muestra los 5 métodos más comunes , con sus respectivos parámetros de diseño los cuales muestran en la figura número 8.

**Figura 8**

*Métodos de diseño más comunes y sus respectivos parámetros.*

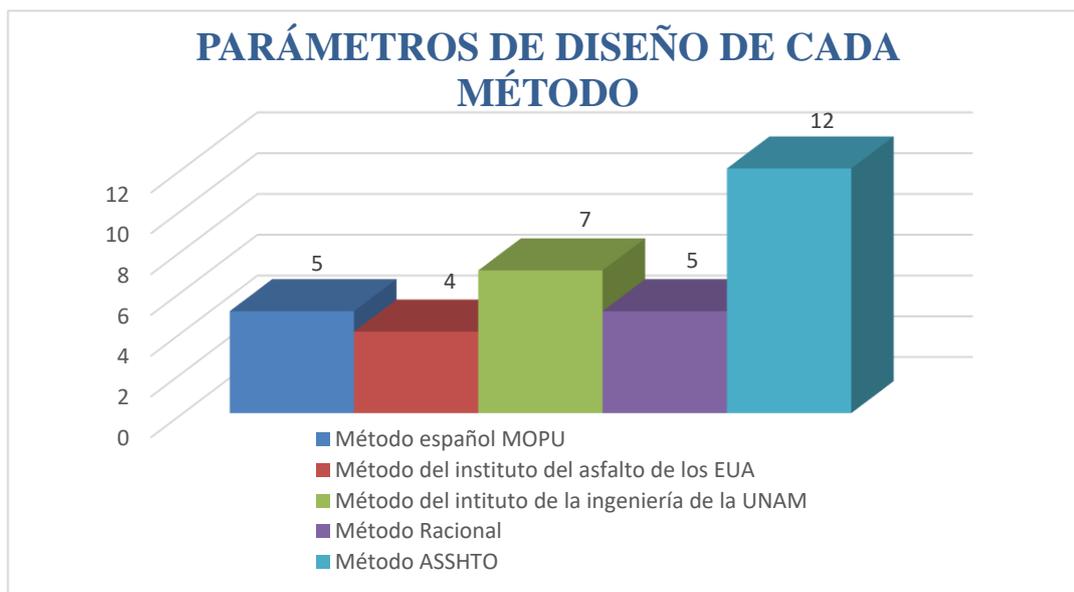


*Nota:* En la figura 8 se muestra los métodos de diseño más comunes y sus parámetros de diseño.

A continuación, en la figura número 9, se presenta el número de datos de entrada o parámetros de diseño que consideran los 5 métodos analizados de pavimentos flexibles según los estudios analizados.

**Figura 9**

*Cantidad de parámetros de diseño por cada método.*

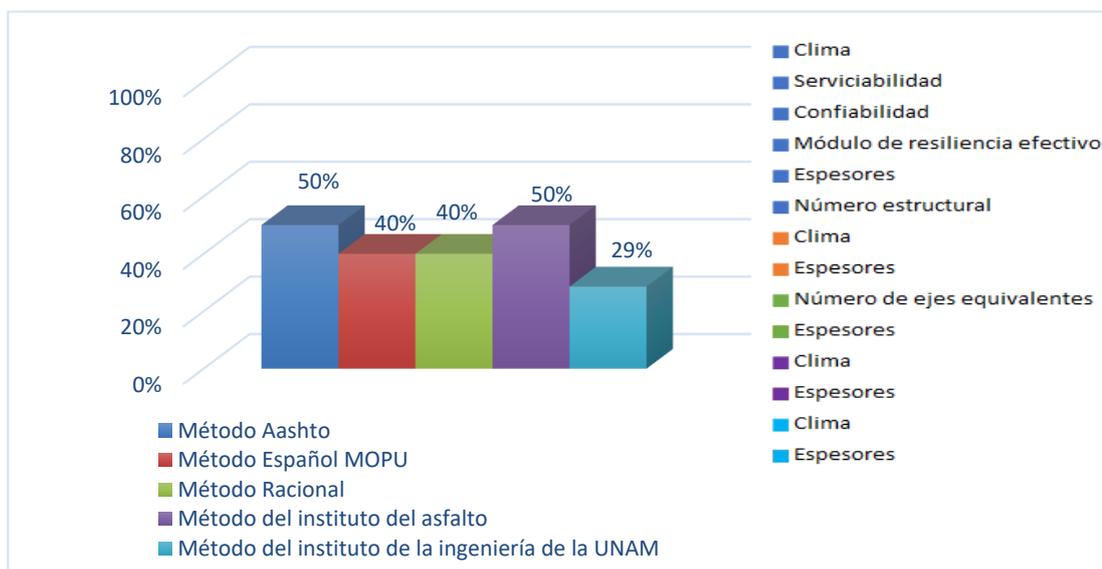


*Nota:* n la figura 9 se visualiza los parámetros de diseño que consideran los 5 diferentes métodos de diseños de pavimentos flexibles.

En relación al objetivo específico número dos: definir el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros de diseño en estudios realizados en Perú, los cuales se muestran se en las figuras de la 9 hasta la 38, donde damos a conocer mediante gráficos de barras el método de diseño y sus respectivos porcentajes según los parámetros de diseño de pavimentos flexibles más utilizados en las 30 investigaciones elegidas para este estudio.

**Figura 9**

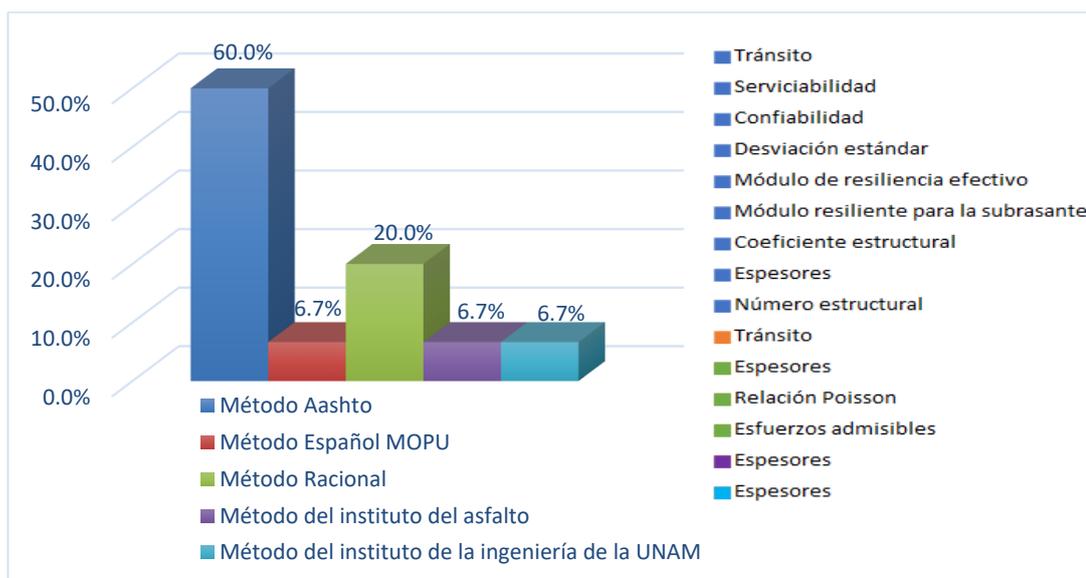
*Parámetros utilizados en la investigación – 1.*



*Nota:* Datos facilitados por Sánchez (2016).

**Figura 10**

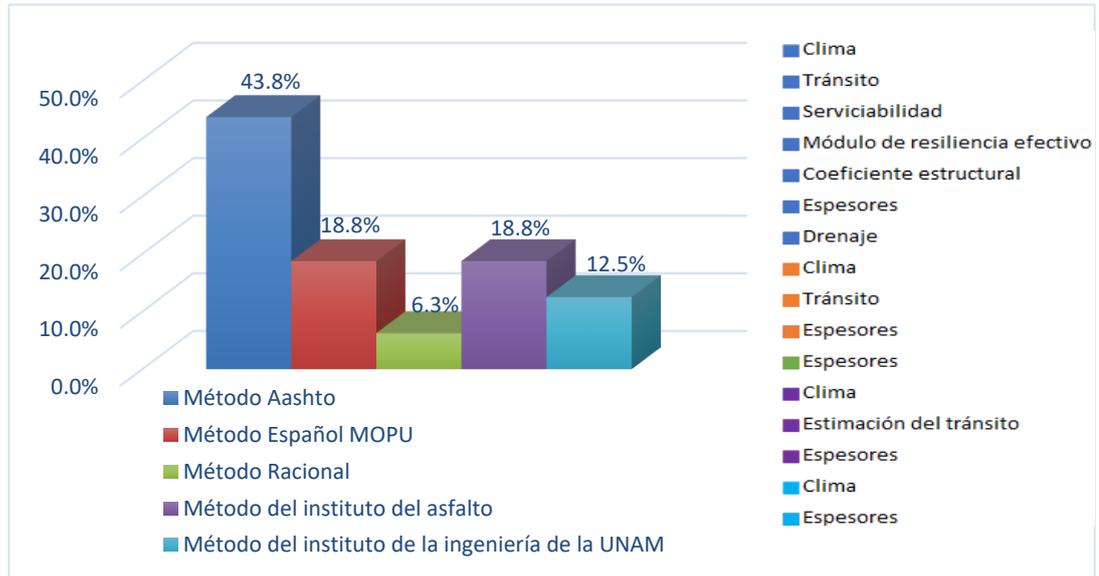
*Parámetros utilizados en la investigación – 2.*



*Nota:* Datos facilitados por Olivas (2016).

**Figura 11**

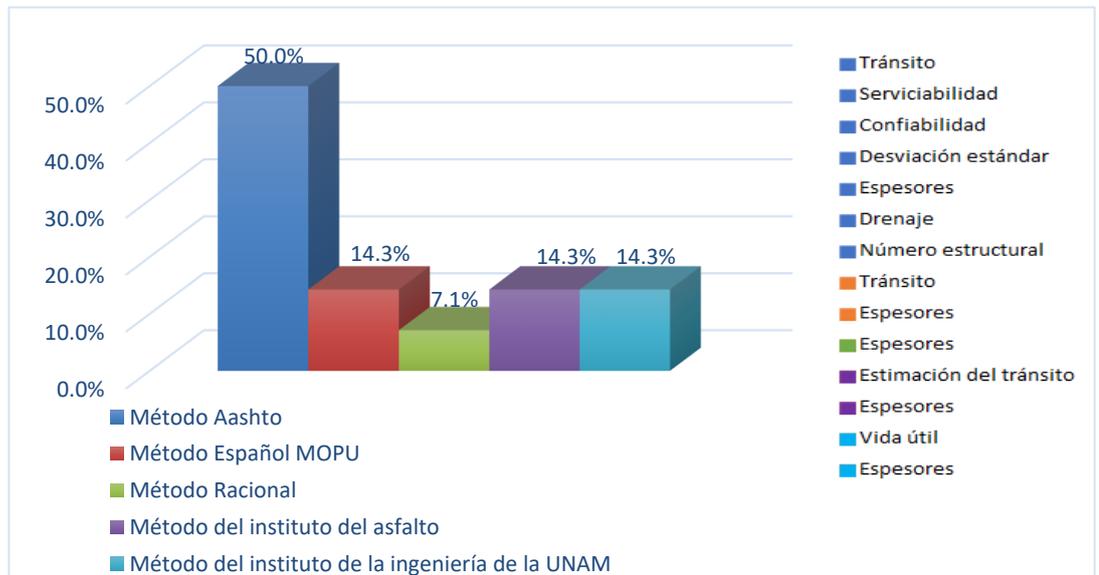
*Parámetros utilizados en la investigación – 3.*



*Nota:* Datos facilitados por Camaro (2020).

**Figura 12**

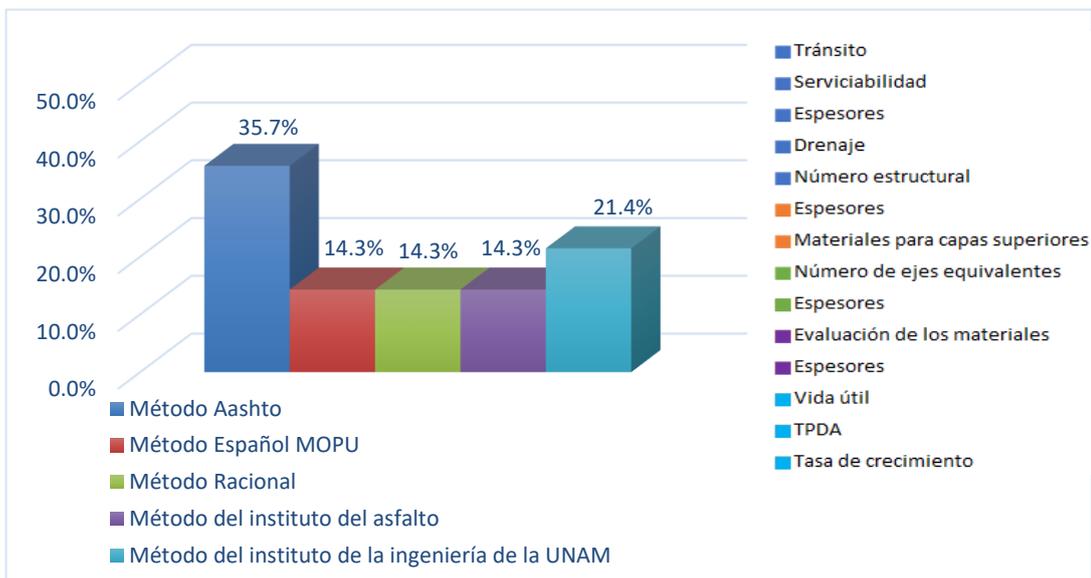
*Parámetros utilizados en la investigación – 4.*



*Nota:* Datos facilitados por Vásquez (2020).

**Figura 13**

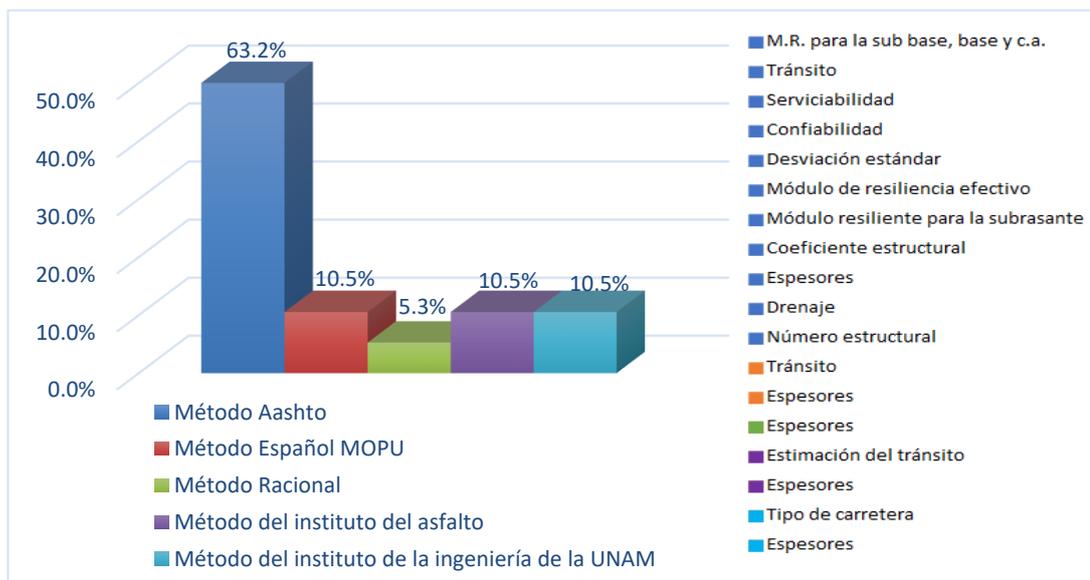
*Parámetros utilizados en la investigación – 5.*



*Nota:* Datos facilitados por Rondón (2017).

**Figura 14**

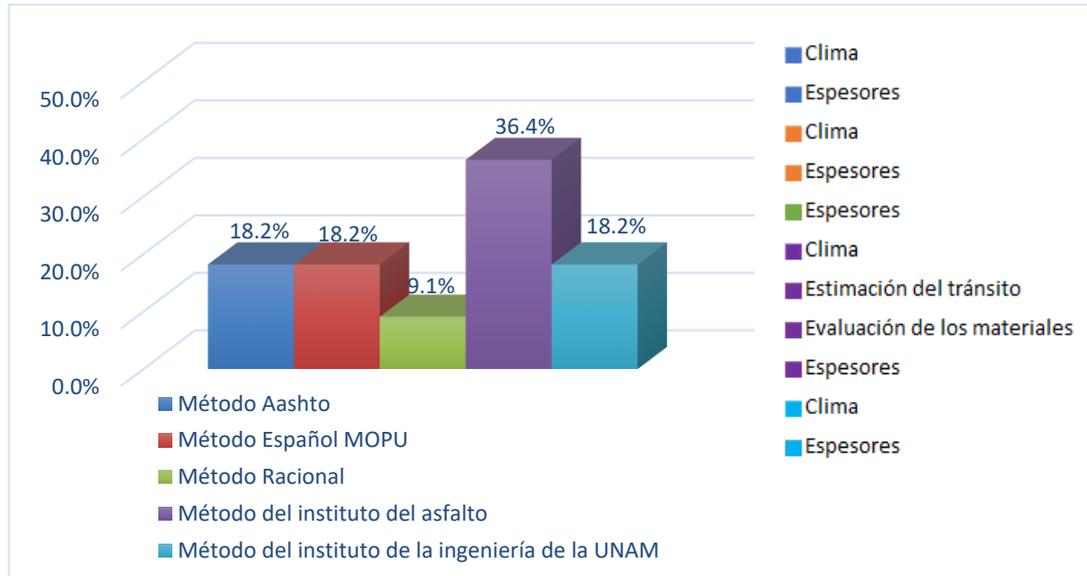
*Parámetros utilizados en la investigación – 6.*



*Nota:* Datos facilitados por Hidalgo (2012).

**Figura 15**

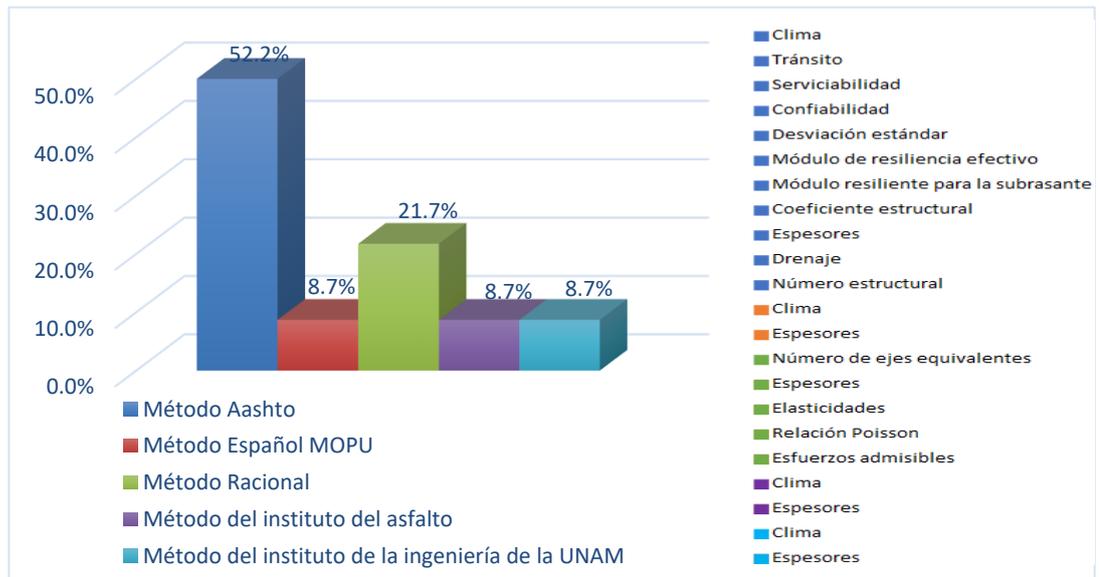
*Parámetros utilizados en la investigación – 7.*



*Nota:* Datos facilitados por Fadiño & Ramos (2017).

**Figura 16**

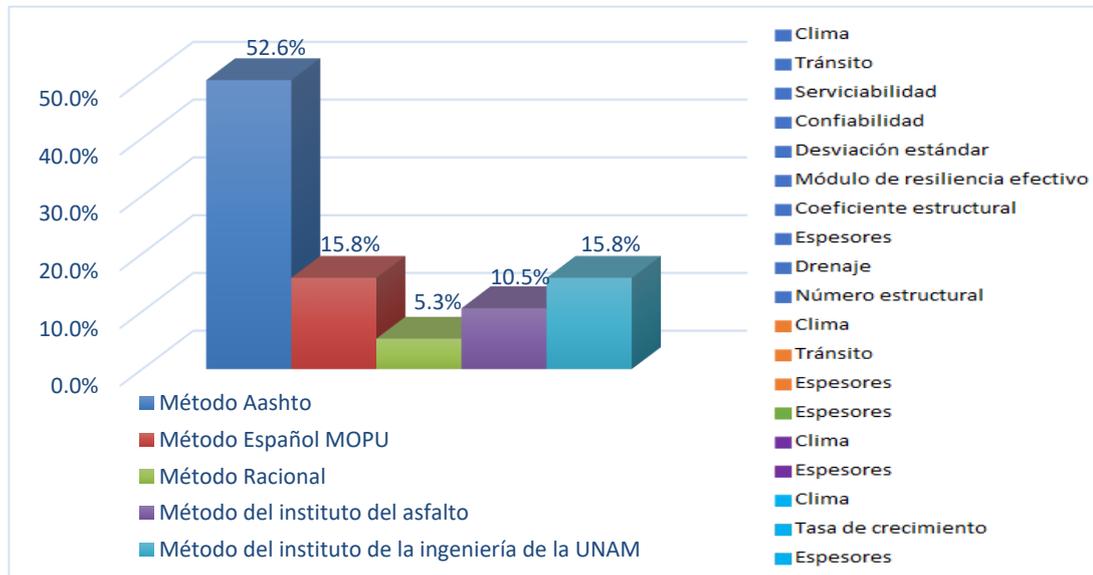
*Parámetros utilizados en la investigación – 8.*



*Nota:* Datos facilitados por García (2015).

**Figura 17**

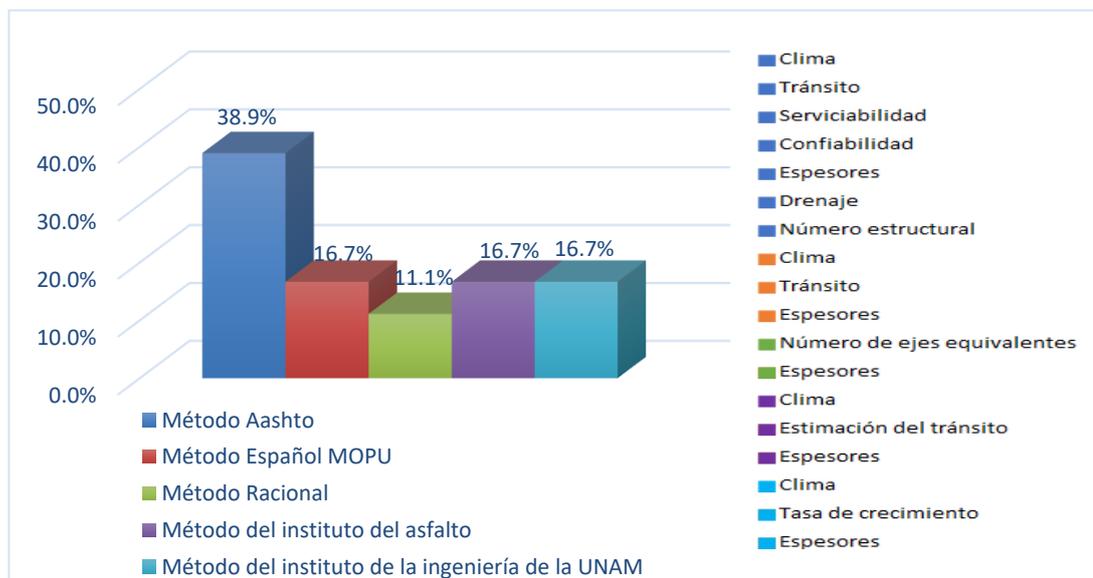
*Parámetros utilizados en la investigación – 9.*



*Nota:* Datos facilitados por Álvarez (2016).

**Figura 18**

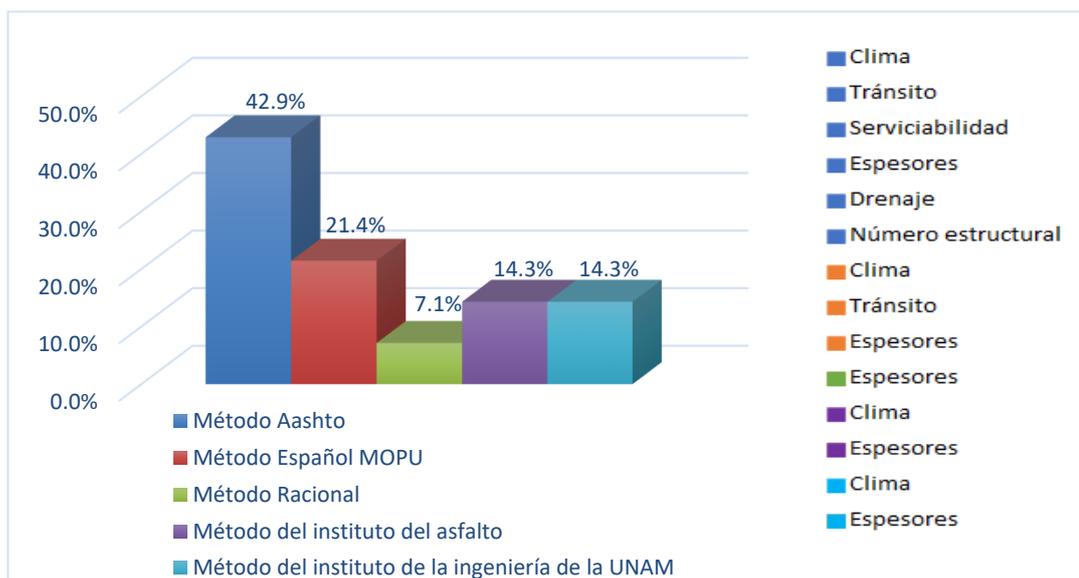
*Parámetros utilizados en la investigación – 10.*



*Nota:* Datos facilitados por Morales, Gómez & Morales (2014).

**Figura 19**

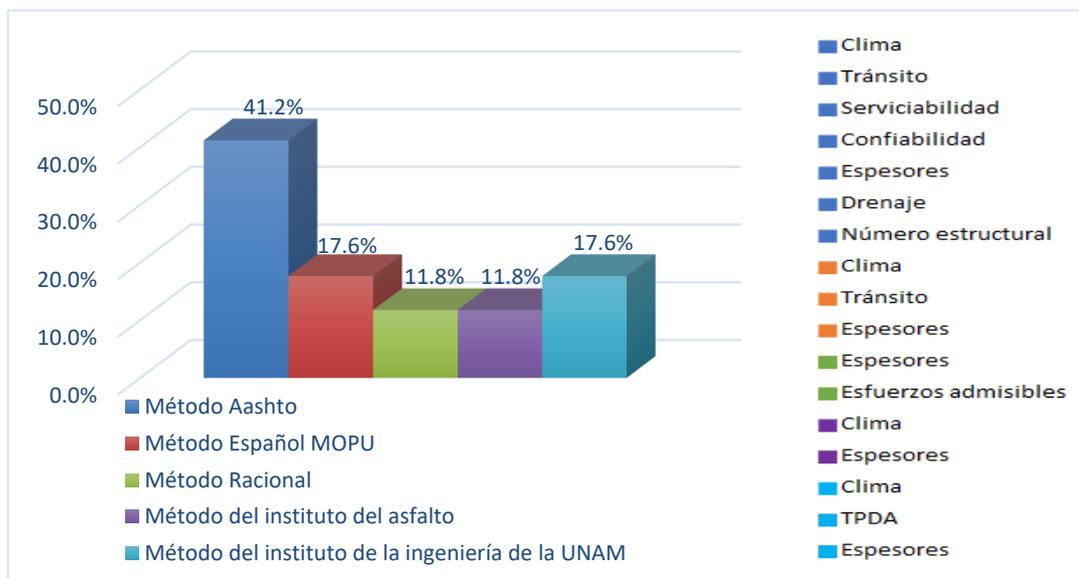
*Parámetros utilizados en la investigación – 11.*



*Nota:* Datos facilitados por Campos & Gonzales (2019).

**Figura 20**

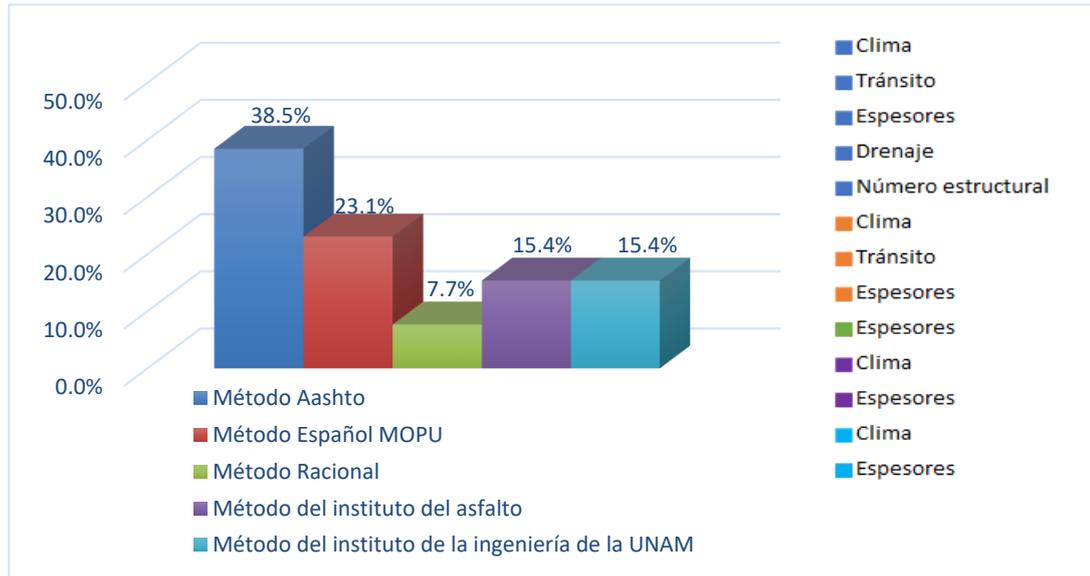
*Parámetros utilizados en la investigación – 12.*



*Nota:* Datos facilitados por Reyes & Zamora (2018).

**Figura 21**

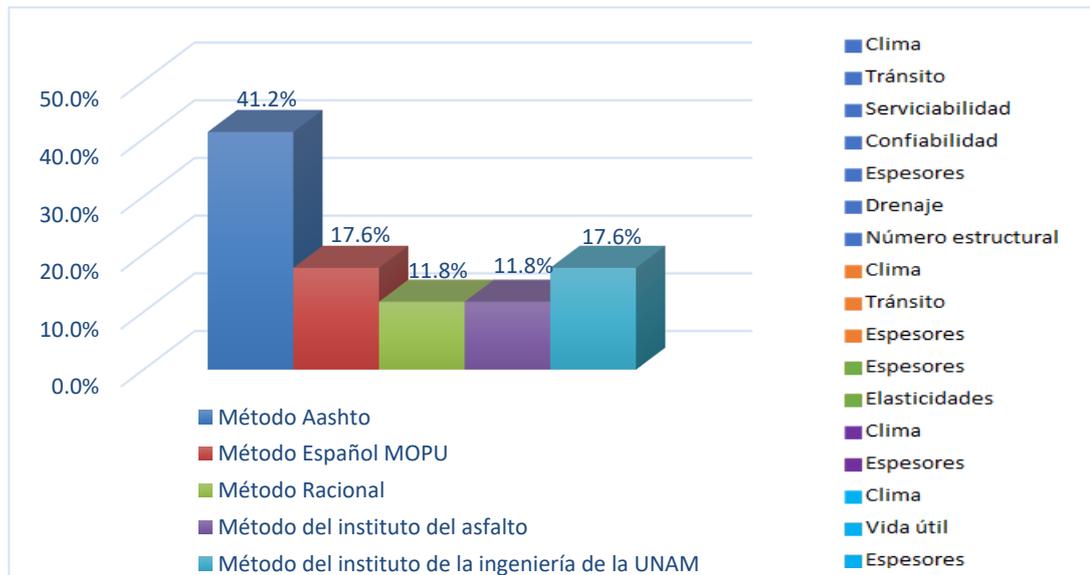
*Parámetros utilizados en la investigación – 13.*



*Nota:* Datos facilitados por Reyes & Zamora (2018).

**Figura 22**

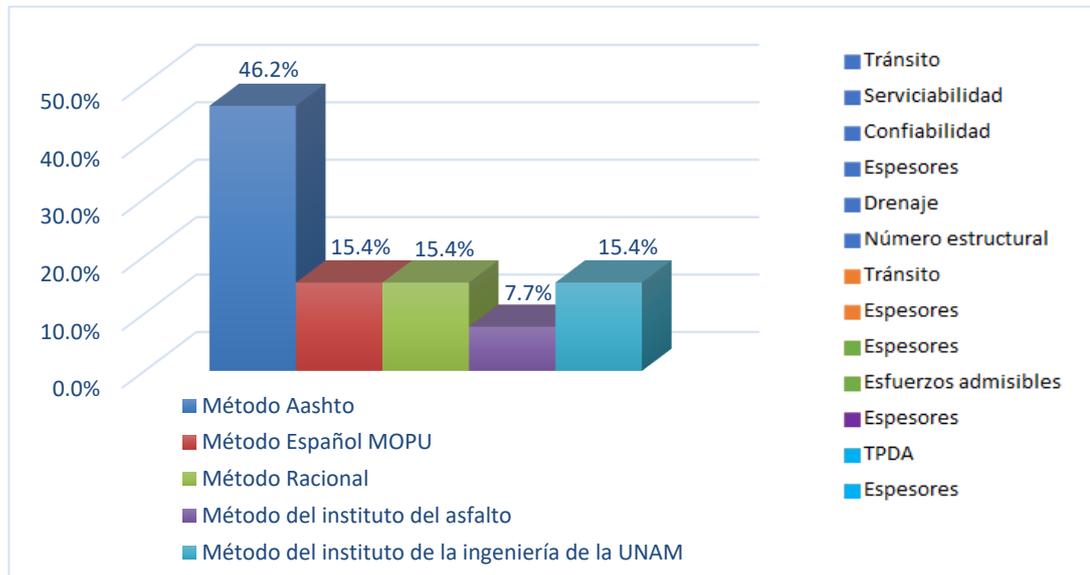
*Parámetros utilizados en la investigación – 14.*



*Nota:* Datos facilitados por Carillo & Carrillo (2021)

**Figura 23**

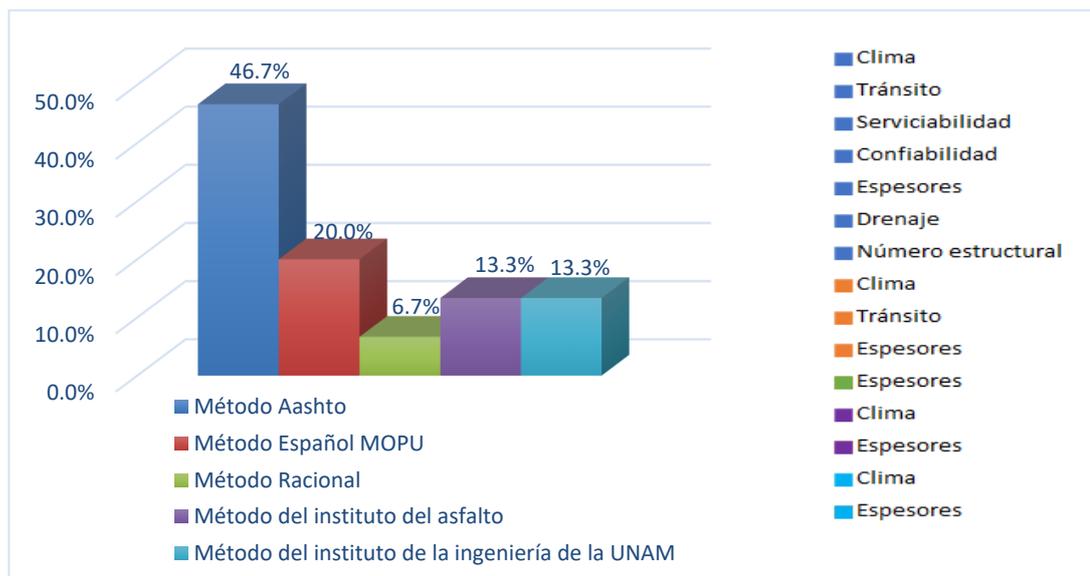
*Parámetros utilizados en la investigación – 15.*



*Nota:* Datos facilitados por Chiquilín (2019).

**Figura 24**

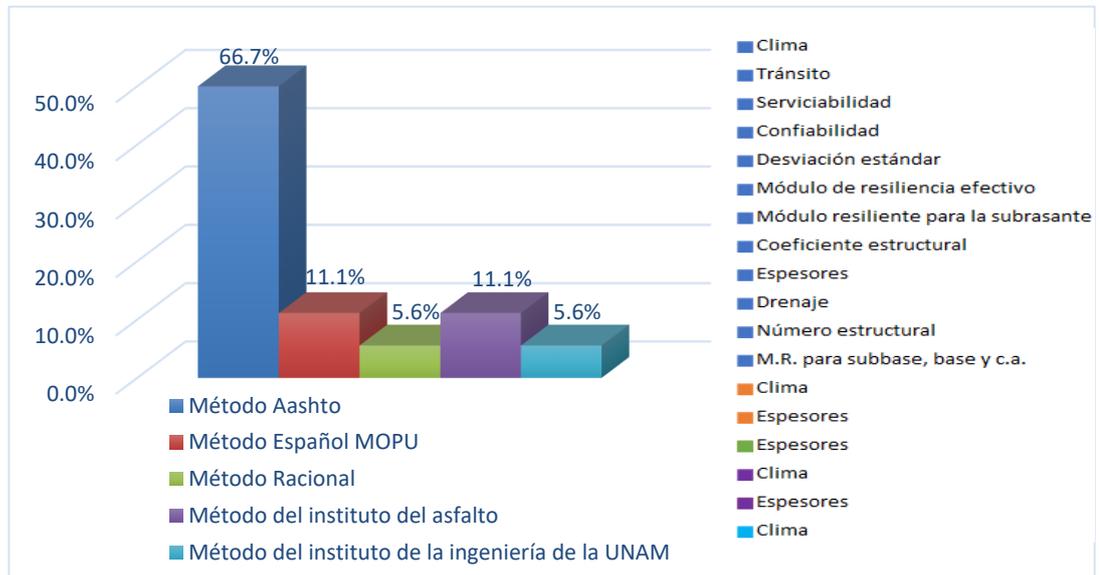
*Parámetros utilizados en la investigación – 16.*



*Nota:* Datos facilitados por Pólito (2015)

**Figura 25**

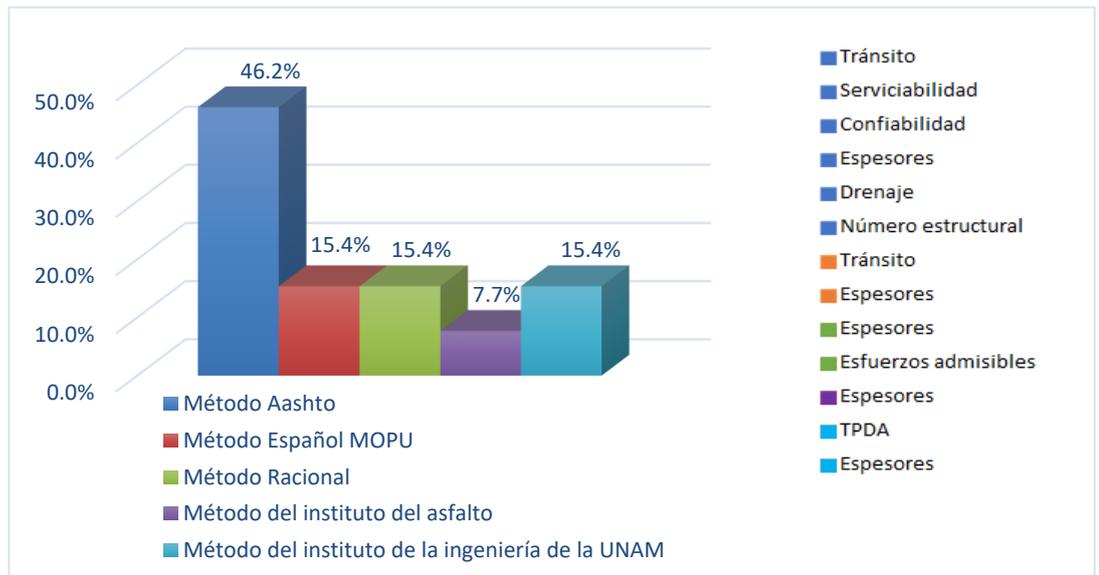
*Parámetros utilizados en la investigación – 17.*



*Nota:* Datos facilitados por Yesquen (2016)

**Figura 26**

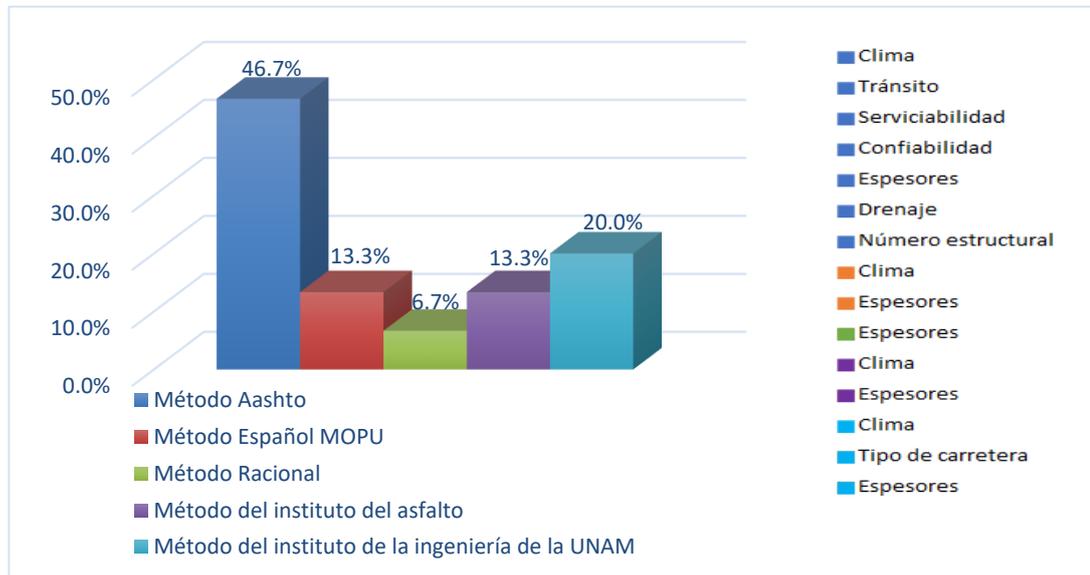
*Parámetros utilizados en la investigación – 18.*



*Nota:* Datos facilitados por Yufra (2018)

**Figura 27**

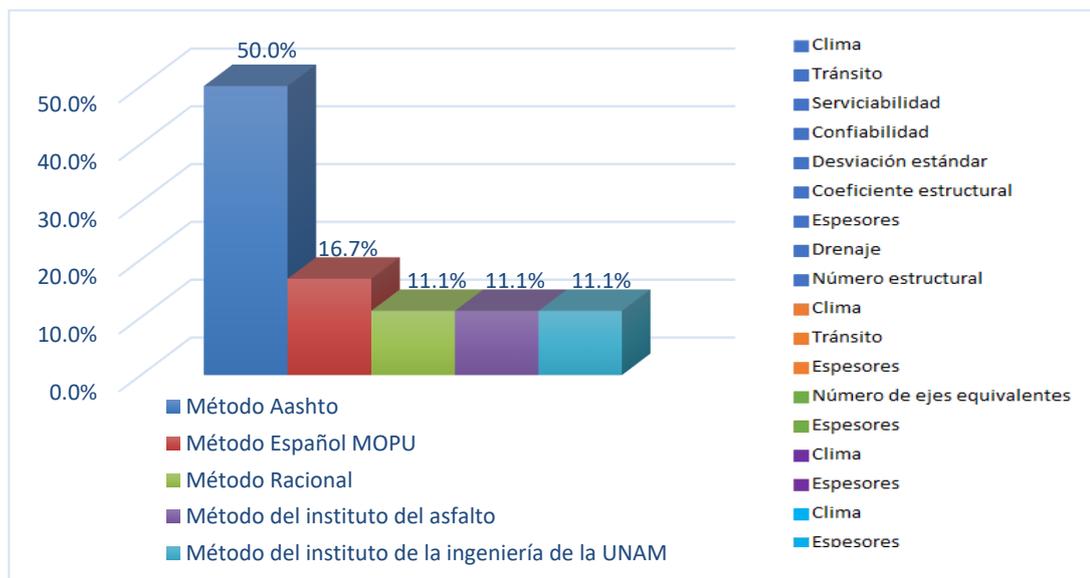
*Parámetros utilizados en la investigación – 19*



*Nota:* Datos facilitados por Cossi (2016)

**Figura 28**

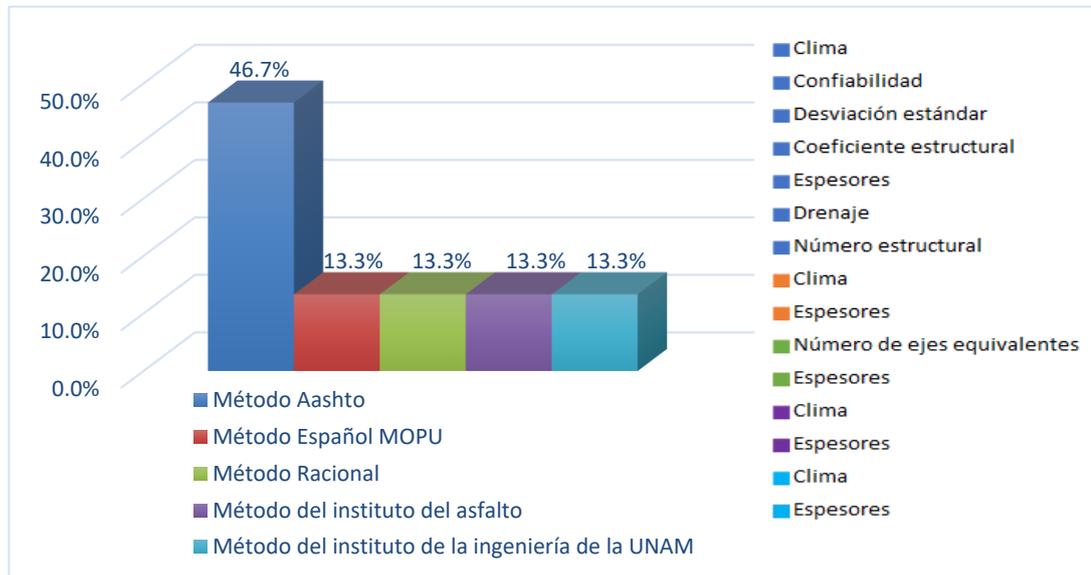
*Parámetros utilizados en la investigación – 20.*



*Nota:* Datos facilitados por Rondón (2017)

**Figura 29**

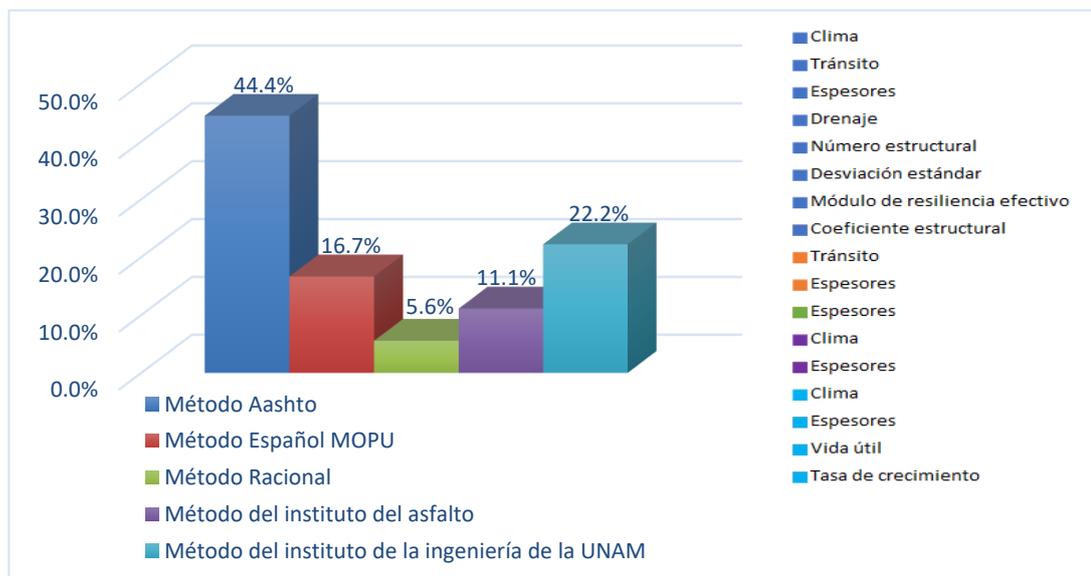
*Parámetros utilizados en la investigación – 21.*



*Nota:* Datos facilitados por Rodríguez (2017)

**Figura 30**

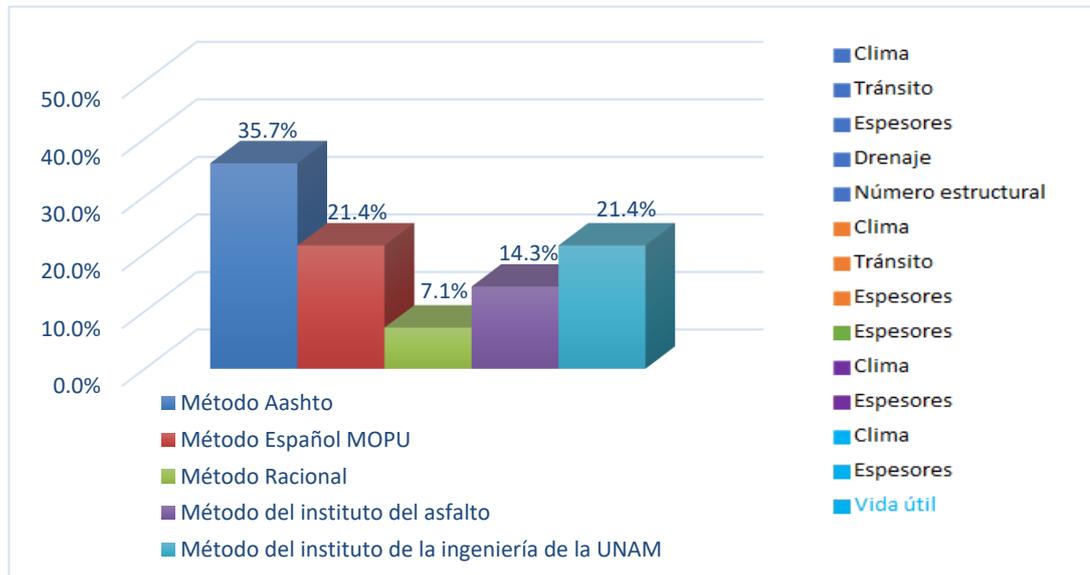
*Parámetros utilizados en la investigación – 22.*



*Nota:* Datos facilitados por Ministerio de economía y finanzas (2015)

**Figura 31**

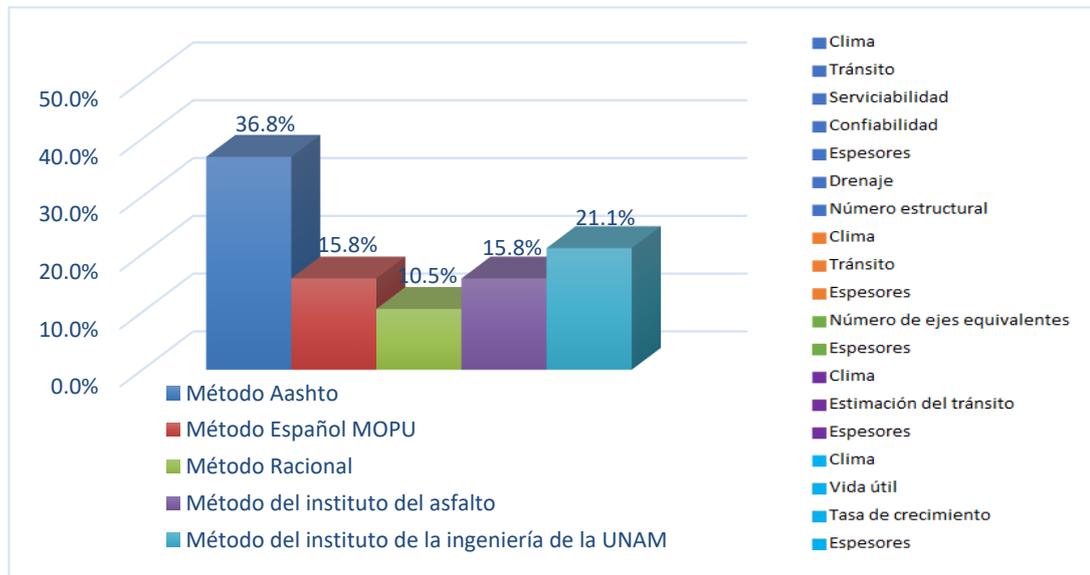
*Parámetros utilizados en la investigación – 23.*



*Nota:* Datos facilitados por Rico & Téllez (2012)

**Figura 32**

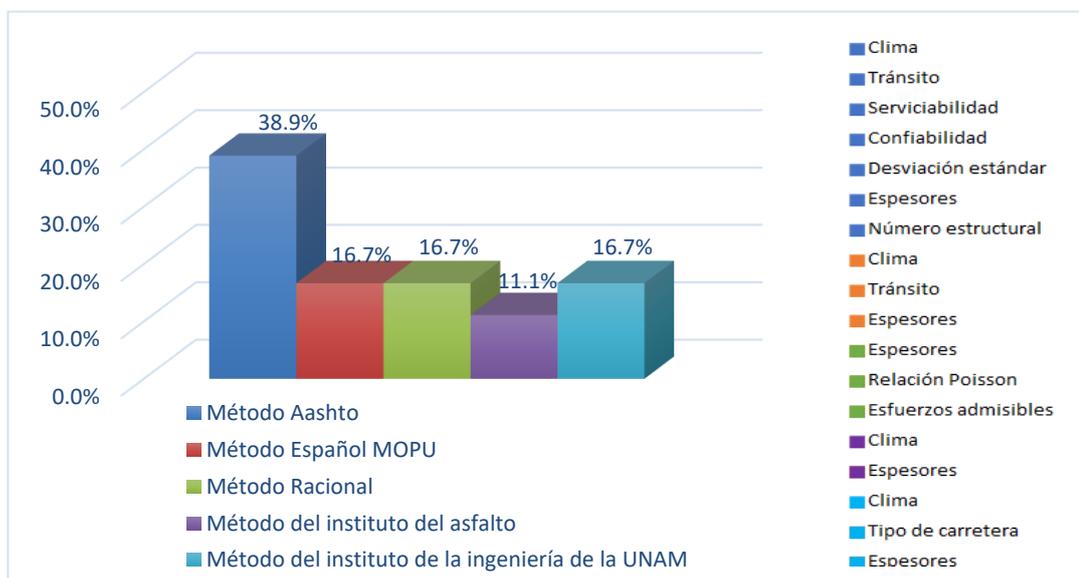
*Parámetros utilizados en la investigación – 24.*



*Nota:* Datos facilitados por Ozuna (2018)

**Figura 33**

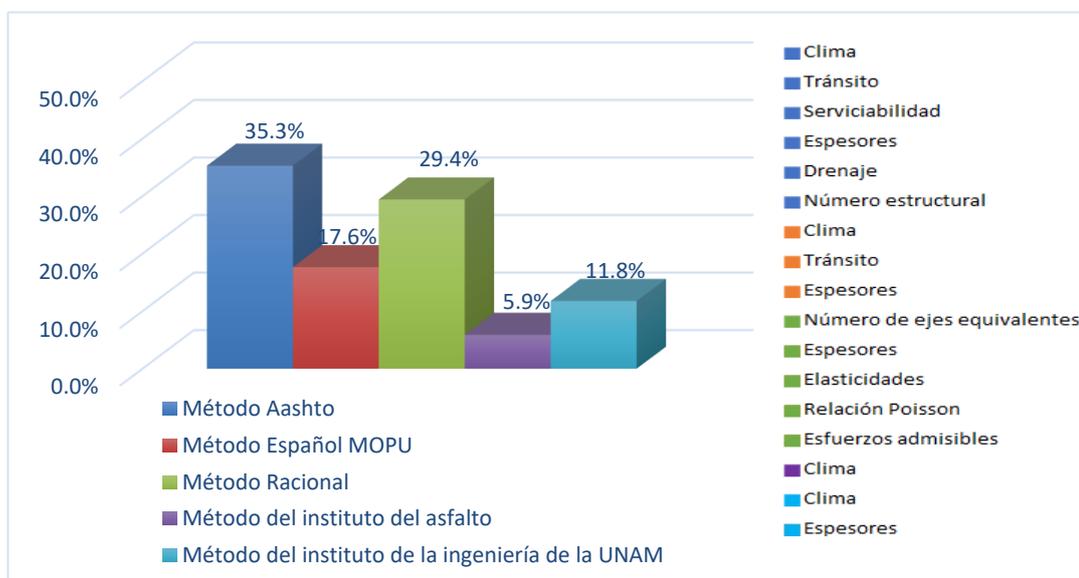
*Parámetros utilizados en la investigación – 25.*



*Nota:* Datos facilitados por Rico, Mendoza (2019)

**Figura 34**

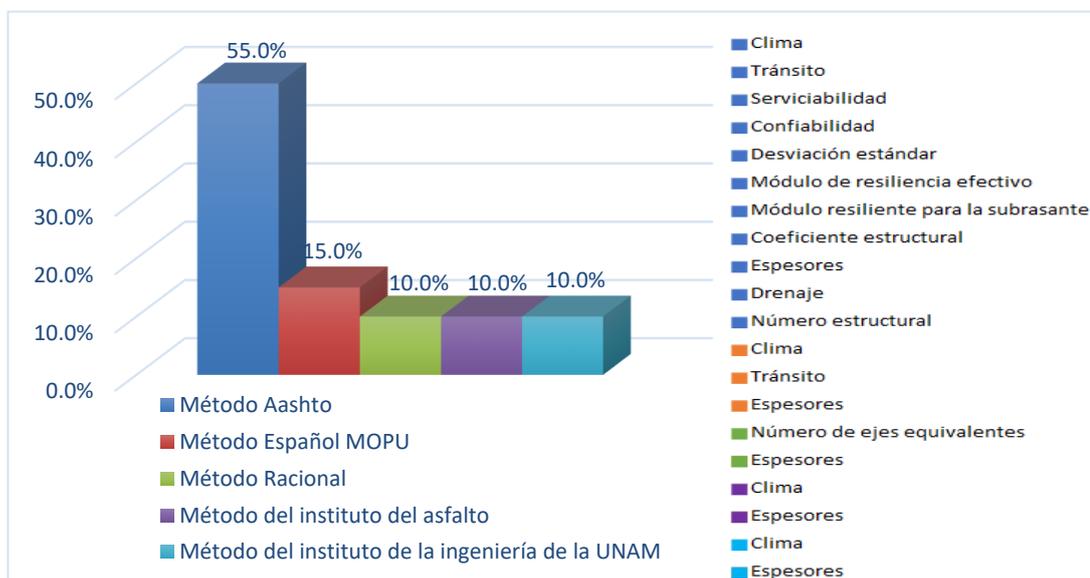
*Parámetros utilizados en la investigación – 26.*



*Nota:* Datos facilitados por Hidalgo (2016)

**Figura 35**

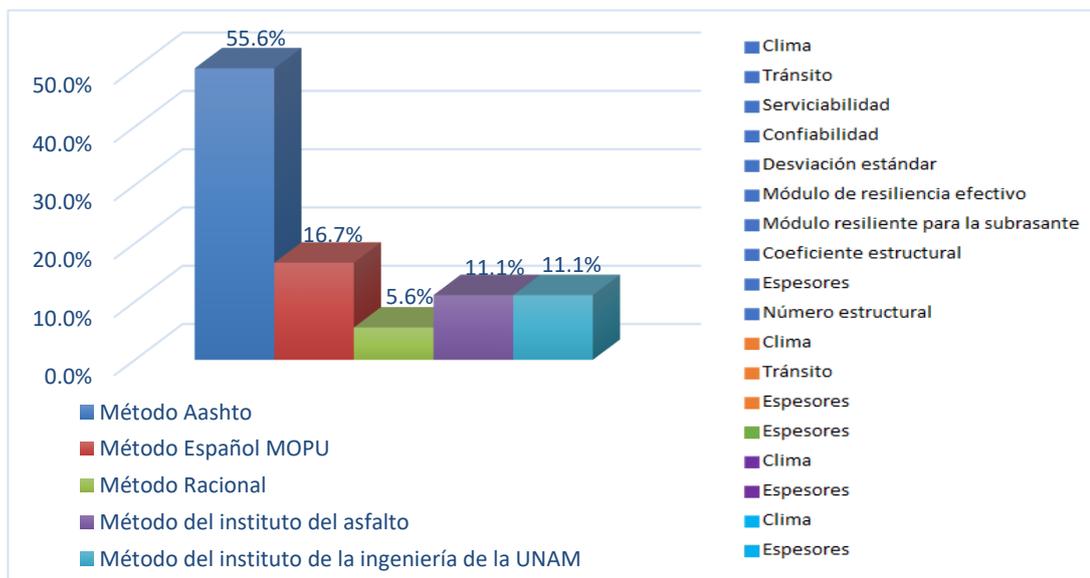
*Parámetros utilizados en la investigación – 27.*



*Nota:* Datos facilitados por Medina & De la cruz (2015)

**Figura 36**

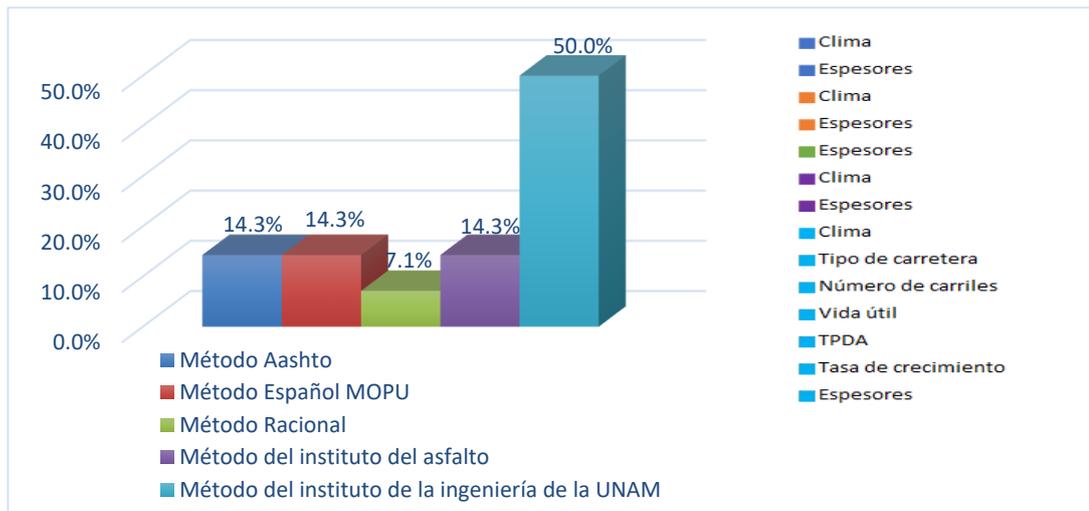
*Parámetros utilizados en la investigación – 28.*



*Nota:* Datos facilitados por Rico, Cabanillas & Rodríguez (2020)

**Figura 37**

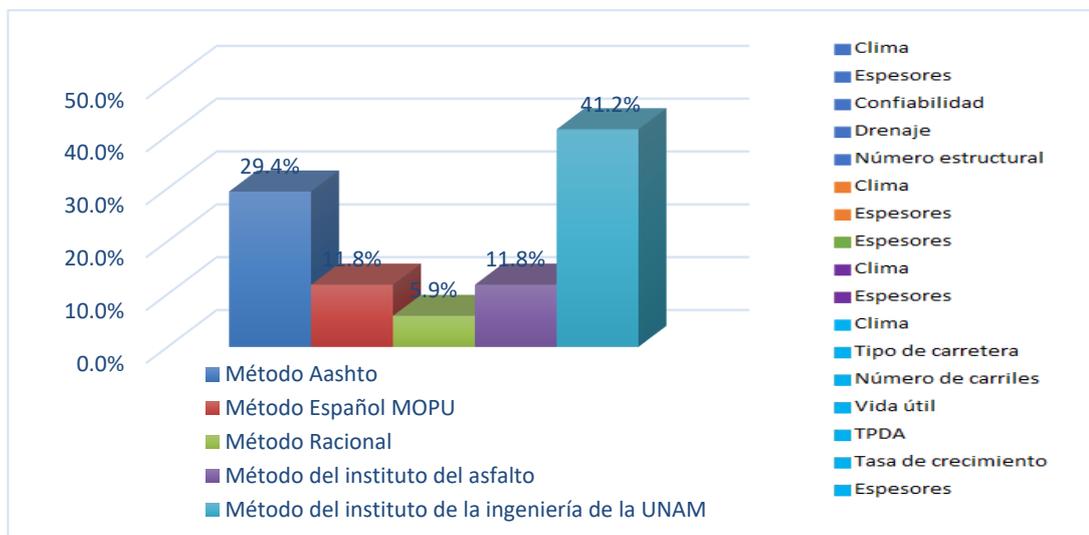
*Parámetros utilizados en la investigación – 29.*



*Nota:* Datos facilitados por Terrones (2020)

**Figura 38**

*Parámetros utilizados en la investigación – 30.*



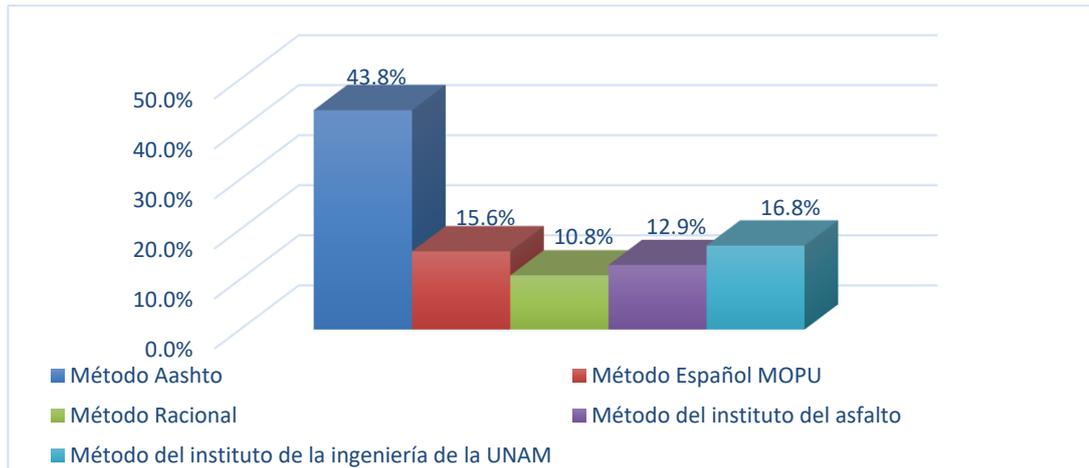
*Nota:* Datos facilitados por Cacho (2018)

A continuación, a través de los resultados anteriormente mostrados damos respuesta al segundo objetivo específico que es definir el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros de diseño en estudios realizados en el Perú en la última década, determinamos que el método AASHTO-93 tiene el mayor porcentaje de

sus parámetros utilizados en las 30 investigaciones con un total de 43.8% como se muestra en la figura 39.

**Figura 39**

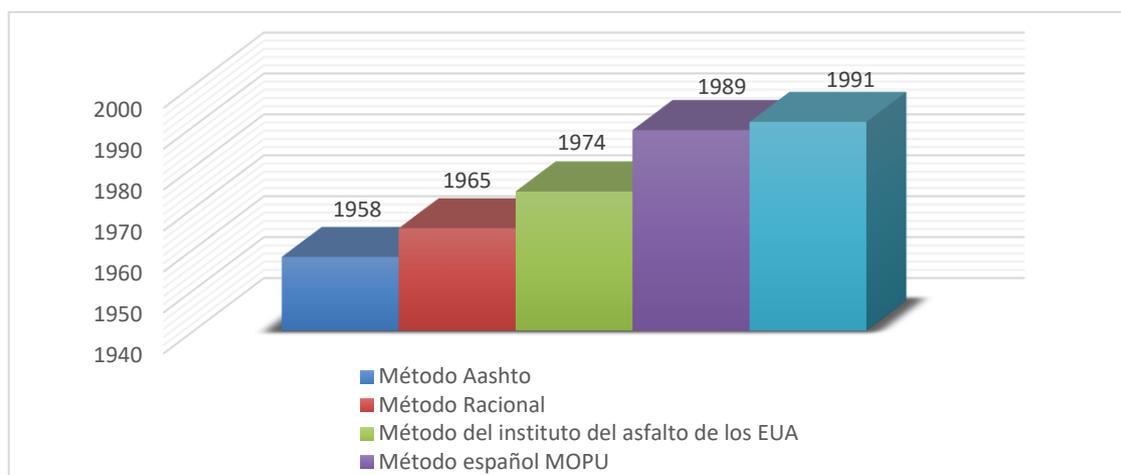
*Métodos de diseño con los parámetros más utilizados.*



Posteriormente determinamos el tercer objetivo específico que es comparar la antigüedad de cada método de diseño, dando como resultado que el método Aashto-93 viene hacer el método más antiguo de los 5 métodos analizados (ver figura 40) siendo aplicado desde 1958.

**Figura 40**

*Métodos de diseño según el año de publicación.*

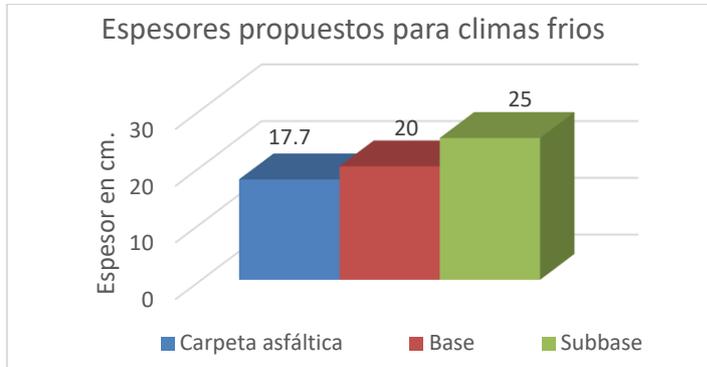


*Nota:* según la gráfica 40 el método más antiguo publicado sería el método AASHTO que fue en 1958, donde fue que realizaron los primeros experimentos viales.

A continuación, se presenta parte del objetivo específico número tres que es comparar los espesores de diseño según las condiciones climáticas en las investigaciones analizadas.

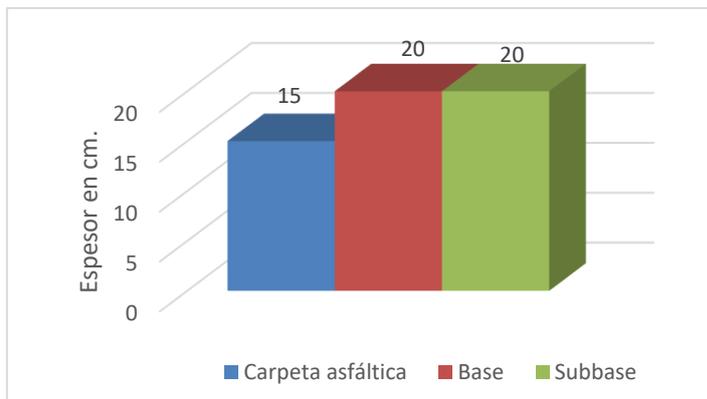
**Figura 41**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 1*



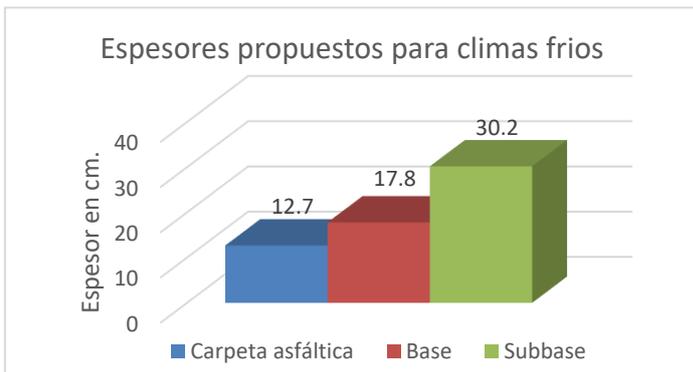
**Figura 42**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 2*



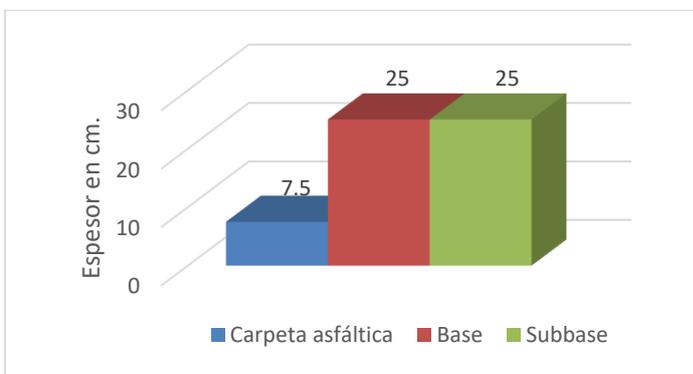
**Figura 43**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 3*



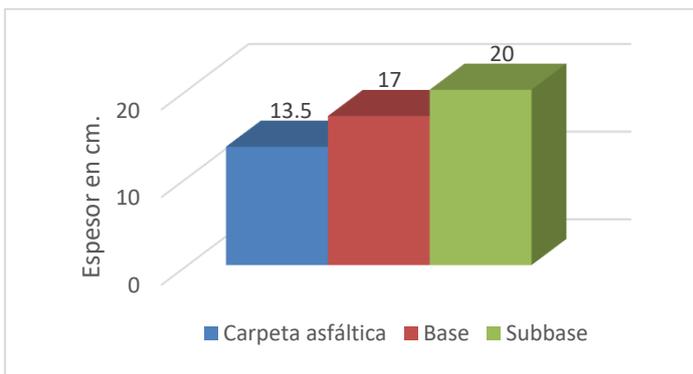
**Figura 44**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 4*



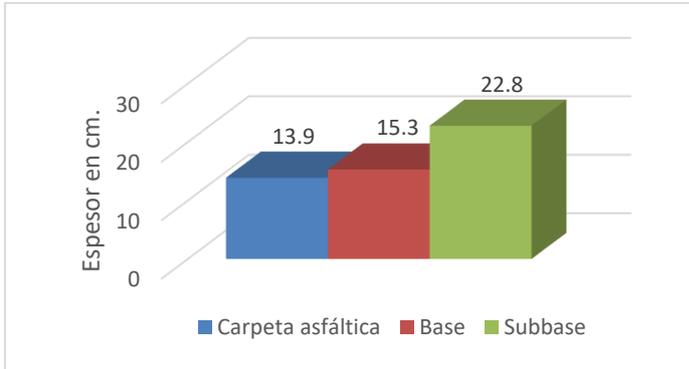
**Figura 45**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 5*



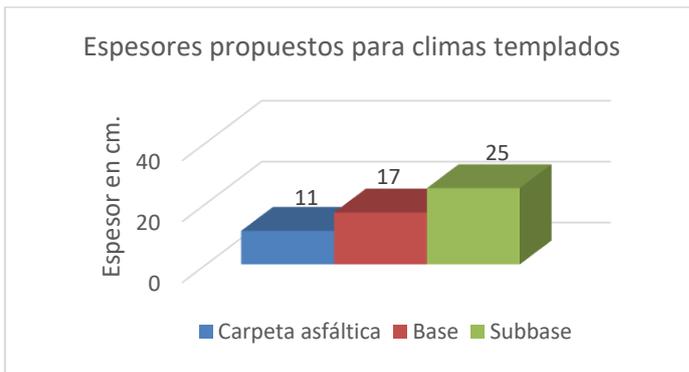
**Figura 46**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 6*



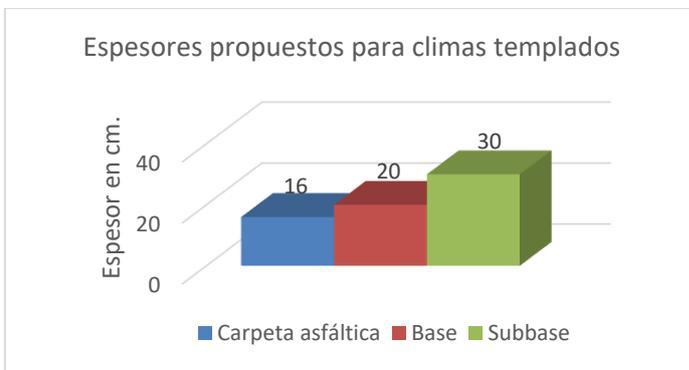
**Figura 47**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 7*



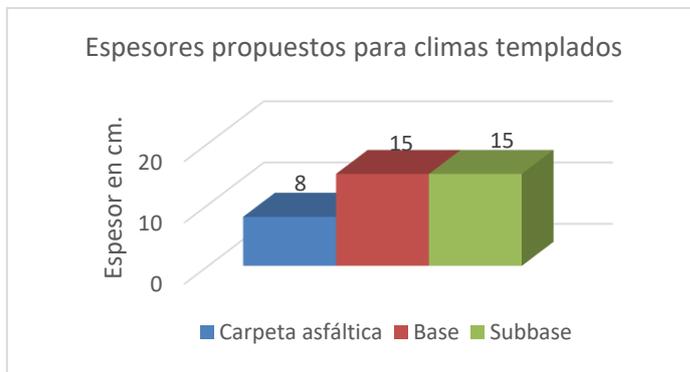
**Figura 48**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 8*



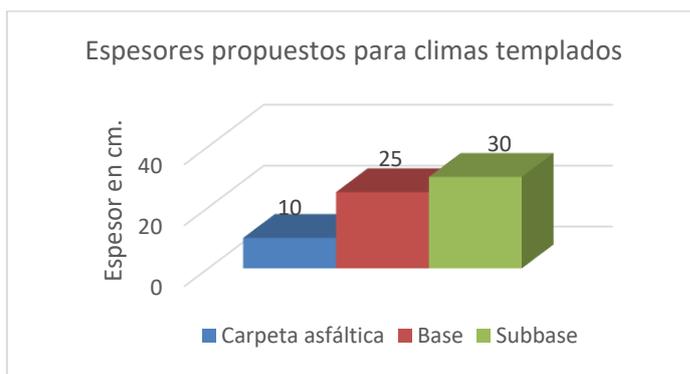
**Figura 49**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 9*



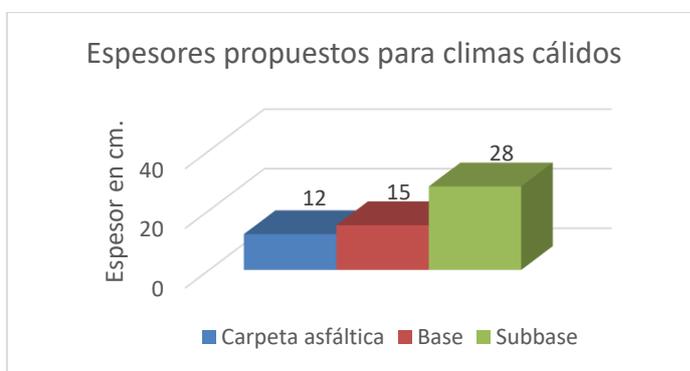
**Figura 50**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 10*



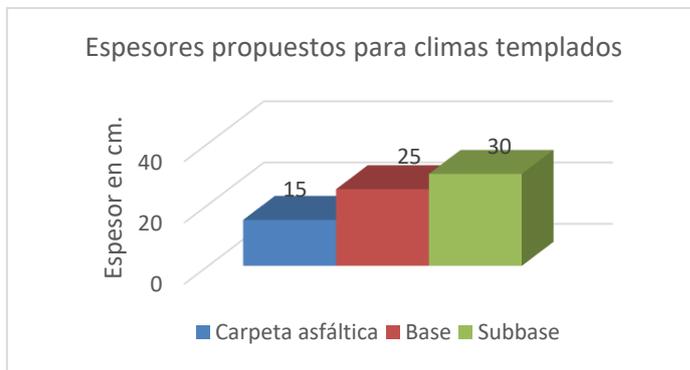
**Figura 51**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 11*



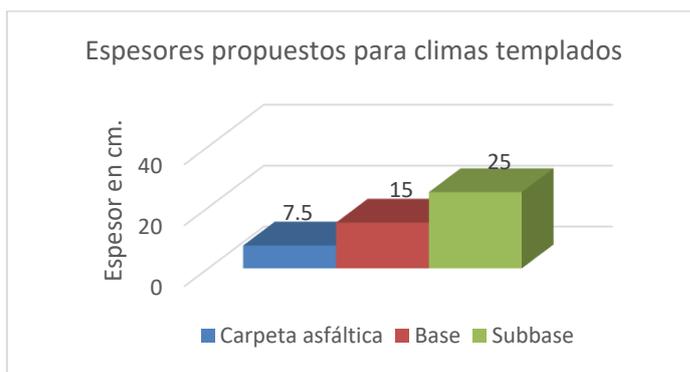
**Figura 52**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 12*



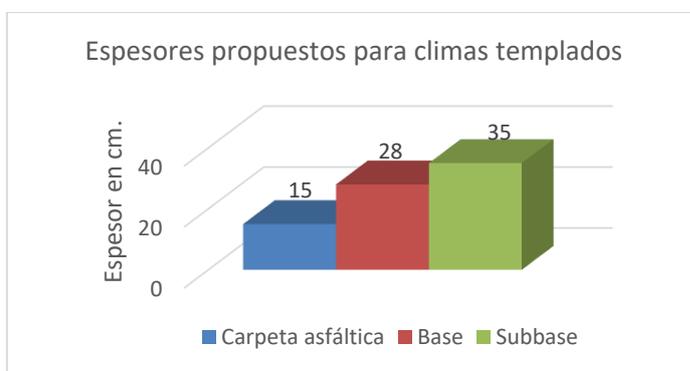
**Figura 53**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 13*



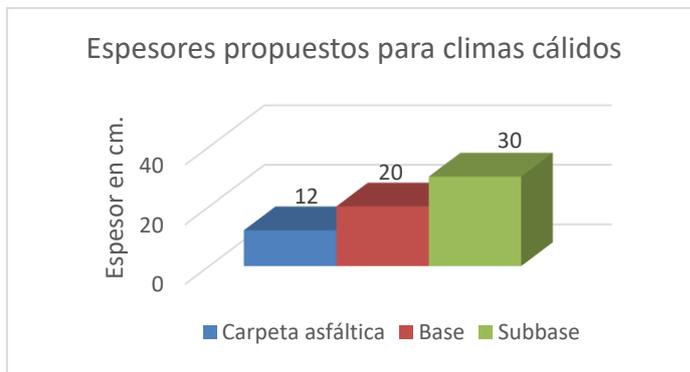
**Figura 54**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 14*



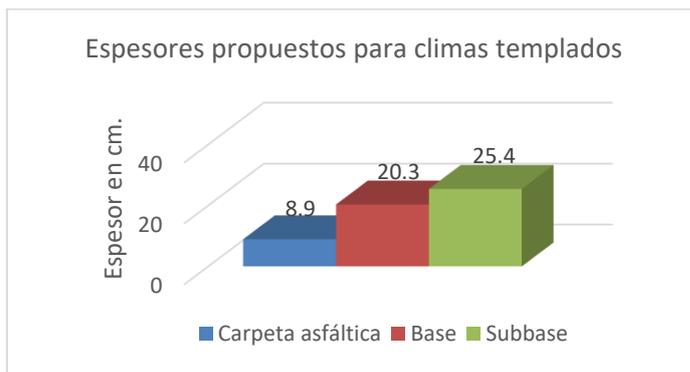
**Figura 55**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 15*



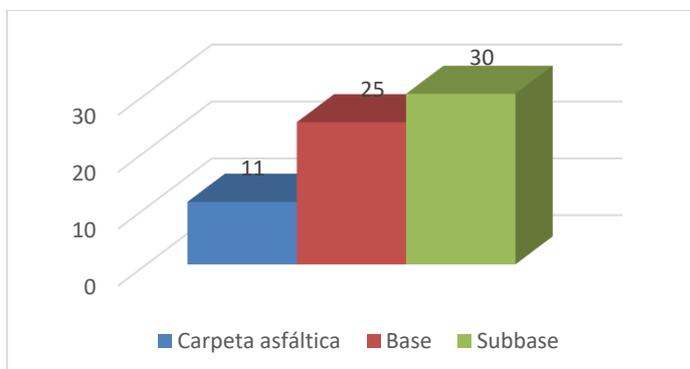
**Figura 56**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 16*



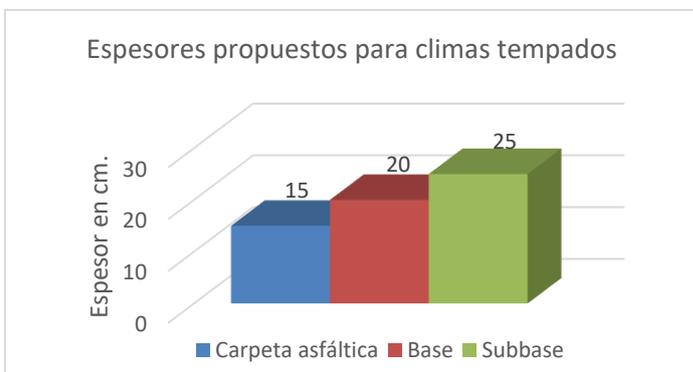
**Figura 57**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 17*



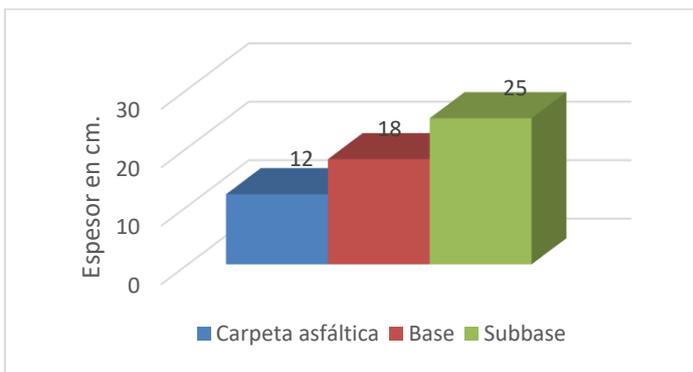
**Figura 58**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 18*



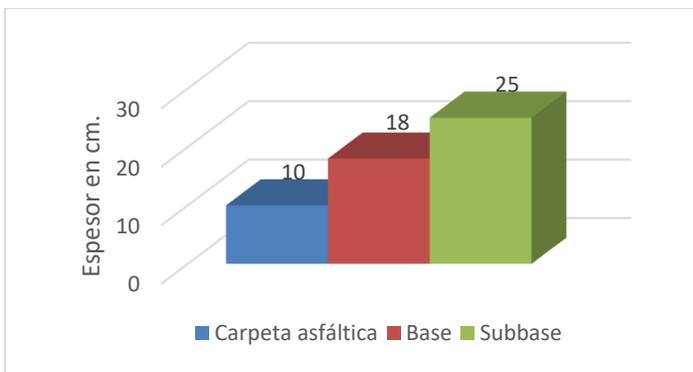
**Figura 59**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 19*



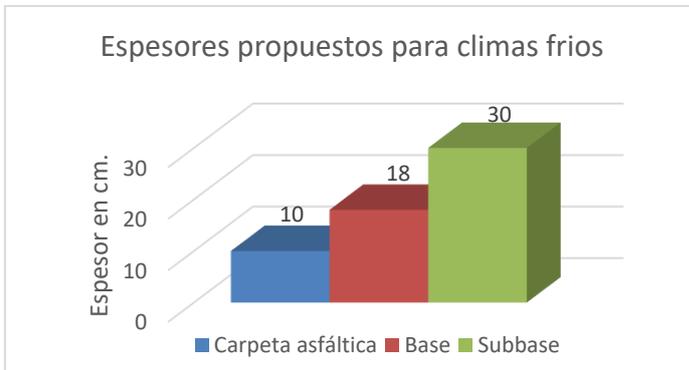
**Figura 60**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 20*



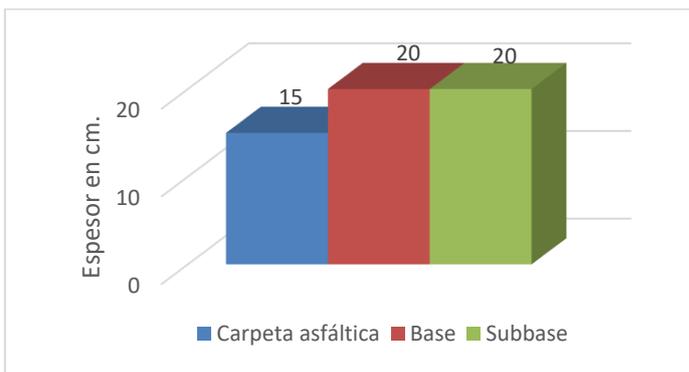
**Figura 61**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 21*



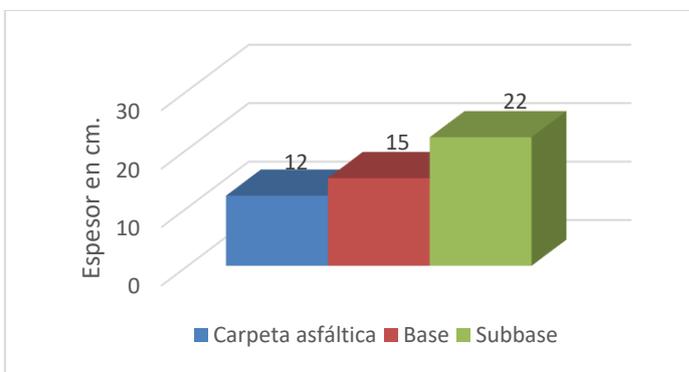
**Figura 62**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 22*



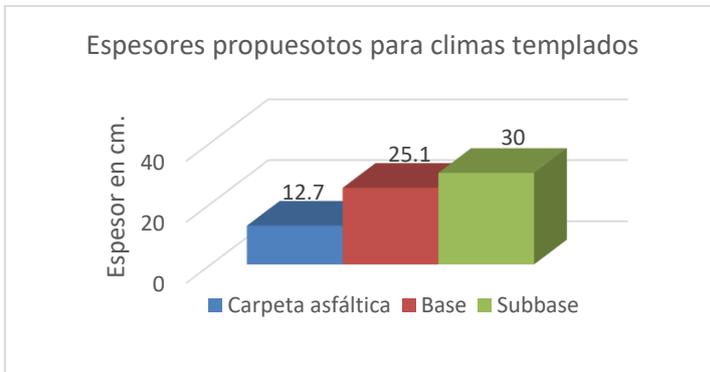
**Figura 63**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 23*



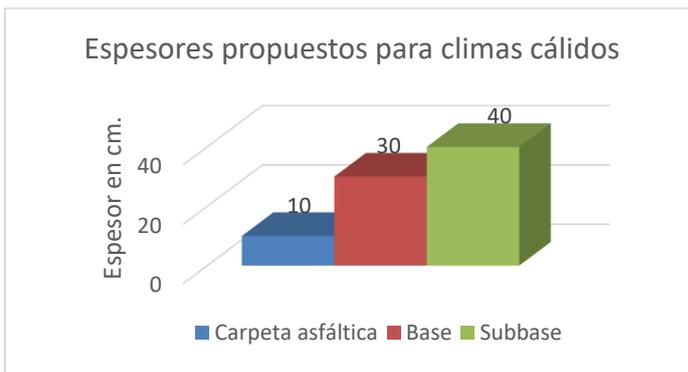
**Figura 64**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 24*



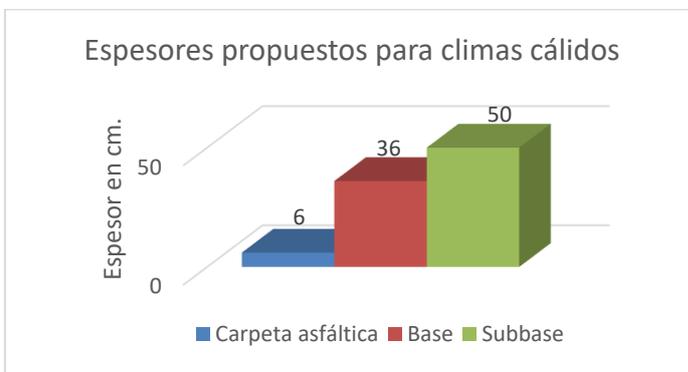
**Figura 65**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 25*



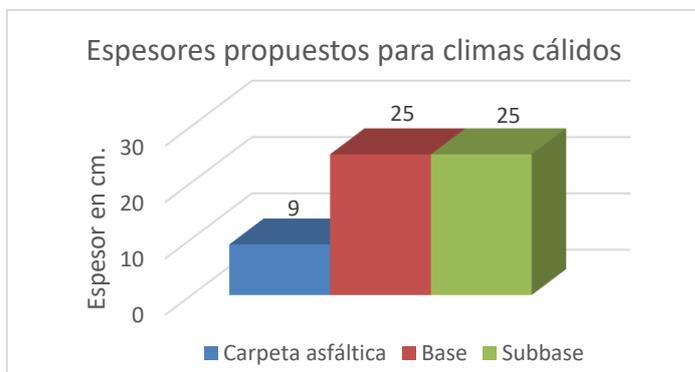
**Figura 66**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 26*



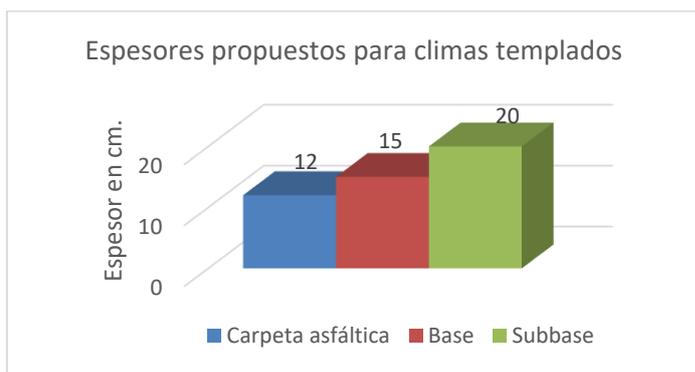
**Figura 67**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 27*



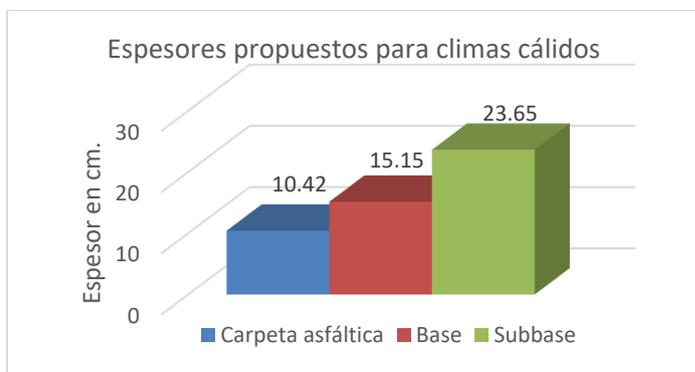
**Figura 68**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 28*



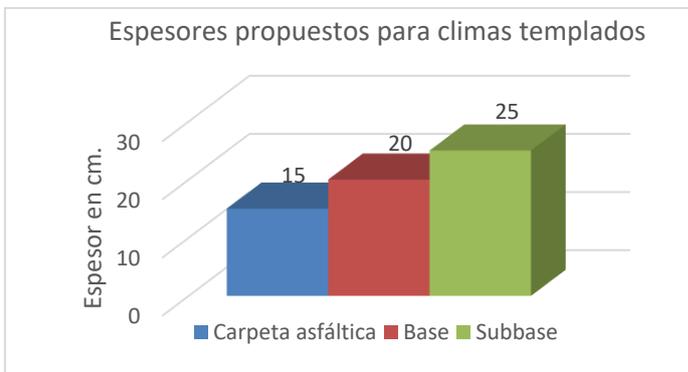
**Figura 69**

*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 29*



**Figura 70**

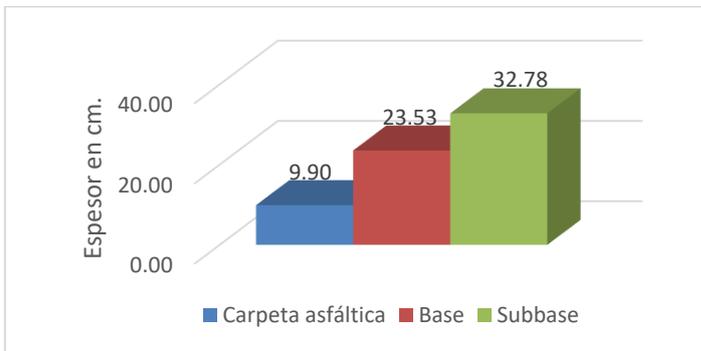
*Espesores de la capa subbase, base y carpeta asfáltica de la investigación 30*



Finalmente, se presentan los Espesores promedio de la capa subbase, base y carpeta asfáltica según los climas cálidos, templados y fríos a partir de las investigaciones analizadas

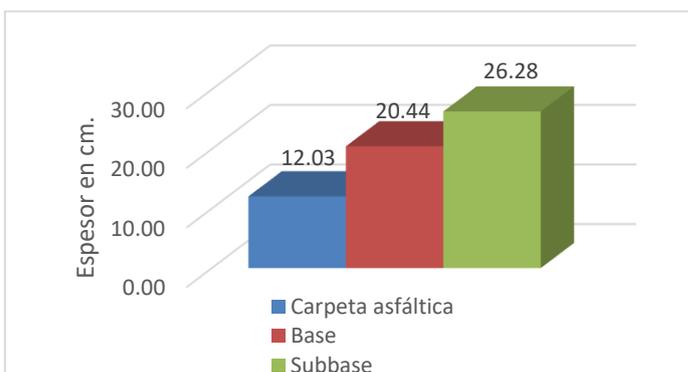
**Figura 71**

*Espesores promedios para climas cálidos.*



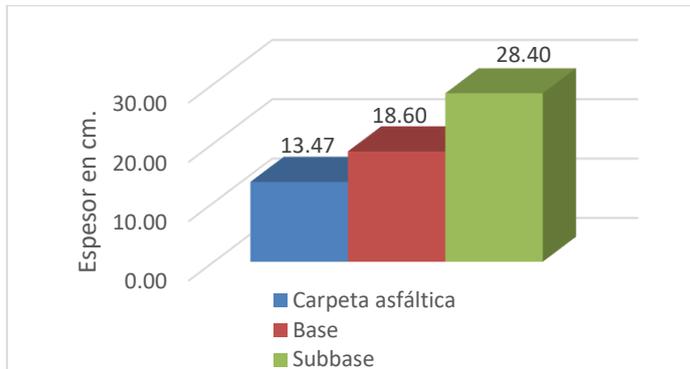
**Figura 72**

*Espesores promedios para climas templados.*



**Figura 73**

*Espesores promedios para climas fríos.*



Finalmente, como último objetivo específico que es realizar el manual de diseño del método más frecuente de los pavimentos flexibles, en este caso que es el método aashto-93 el cual se muestra en el anexo N° 4 donde se presenta dicho método con sus respectivos parámetros de diseño y algunos ejemplos de aplicación con la finalidad de obtener un diseño más seguro y duradero.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La búsqueda de la información se efectuó en el periodo 2012-2022, encontrándose treinta (30) investigaciones teóricas a los cuales es necesario, ampliar en futuras investigaciones el periodo de búsqueda para conocer con mayor alcance lo investigado en el presente tema de investigación "Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú - Cajamarca 2022"

Como limitaciones del estudio tenemos que son muy pocas investigaciones en el país sobre el tema específico que se ha realizado, además, no existen estudios relacionados acerca de la determinación del método más frecuentes para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño. a pesar de ello se logró determinar los objetivos propuestos los cuales se puede profundizar mejor en futuras investigaciones.

El alcance de la investigación es descriptivo debido a que algunos de los resultados ya han sido conseguidos por otros autores que han realizado sus propios ensayos.

Así mismo comparando nuestros antecedentes con nuestros resultados a continuación, se realiza la discusión de los resultados.

Según (Rondón y Reyes 2012). En su estudio metodologías de diseño de pavimentos flexibles, tendencias, alcances y limitaciones, donde nos dan a conocer que el método AASHTO viene siendo el más utilizado desde 1958 que se presentó la primera guía, de igual forma en este estudio determinamos según la comparación con los métodos

anteriormente expuestos que el método Aashto es el más frecuente en el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú -Cajamarca 2022.

De igual forma (Rico y Téllez, 2012) en su investigación Pavimentos flexibles, problemática, metodología de diseño y tendencias nos dicen que el comportamiento de los pavimentos flexibles depende en gran medida de condiciones no incluidas necesariamente en los métodos de diseño estructural. La temperatura, las condiciones de drenaje regional, la Hidrología y otras pueden jugar papeles muy importantes y frecuentemente pueden ser objeto de consideración del responsable del diseño geométrico y geotécnico de la carretera, con muy adecuadas repercusiones en el resultado final, es por ello que en este estudio se describió los métodos de diseño de pavimentos flexibles más comunes y sus respectivos parámetros de diseño, añadiendo a ello variables adicionales tal y como se muestra en la figura número 8 métodos de diseño más frecuentes y sus respectivos parámetros de diseño .

Así mismo (Morales & Hoyos, 2014). En su estudio diseño de un pavimento flexible por los métodos Aashto y Racional determinaron que el método Aashto tiene más efectividad que el método racional, debido a que se pueden puede variar el espesor de capa después de tener todos los cálculos de los números estructurales, mientras que, por el método racional, si se desea cambiar el espesor de la capa, se debe hacer todo el diseño nuevamente, es por ello que en nuestro estudio según la figura número 39 el método Aashto-93 es el más frecuente con un 43.8% más de utilización de parámetros por las 30 investigaciones.

Por otro lado, según (Pólito, 2015). En su estudio evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles menciona que los procedimientos

involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO-93 que datan de 1958, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos, es por ello que en nuestro estudio obtuvimos que hasta la actualidad el método Aashto es el más frecuente para diseños de pavimentos flexibles, según la comparación tanto de antigüedad (ver figura número 40) como espesores de diseño (ver figuras 41-70) en ambos siendo notoriamente superior el método Aashto-93.

Finalmente, Según (Acuña y Sánchez, 2019, p.51) su diseño del pavimento flexible se basó en el método AASHTO 93, con el cual se llegó a definir el espesor de la capa sub base de 15cm, base 15 cm, y la carpeta asfáltica un espesor de 8cm. Los cuales están dentro de los espesores mínimos que se obtuvieron realizando en el manual con el método más frecuente en este caso el método AASHTO -93 de diseño de pavimentos flexibles ubicado en el anexo Numero 4 de esta investigación.

Las implicancias de la presente tesis es Brindar información guía mediante los resultados mostrados. Donde estos exponen la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles. Con ello, cada lector podrá guiarse y aplicarse en la construcción de pavimentos, específicamente en los flexibles.

La presente investigación facilita la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles. Esto ayudará a que las profesionales correspondientes realicen los diseños adecuados para evitar fallas en el pavimento. También, contribuye a que se realicen futuras investigaciones referentes al tema para tener una idea más completa en cuanto a diseño de pavimentación flexible.

Posteriormente a los resultados mostrados y las discusiones se llegó a las

siguientes conclusiones: donde se determinó que el método AASHTO 93 según las figuras 9, 39, 40, 71, 73 y 73 es el más frecuente en el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú – Cajamarca 2022.

De la misma forma se describieron los métodos de diseño más comunes de pavimentación flexible con sus respectivos parámetros llegando a la conclusión que el método AASHTO-93 viene siendo el más frecuente a la actualidad según las comparaciones realizadas anteriormente.

Así mismo se definió el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros más frecuentes en estudios realizados en Perú – Cajamarca 2022 tal y como se muestra en la figura número 39 en el capítulo de resultado.

Por otro lado, se concluye también que el método AASHTO es el más frecuente según la comparación de antigüedad de cada método y espesores de diseño según las condiciones climáticas en las investigaciones analizadas, ver figura 40 y 41-73

De igual manera, se realizó el manual que lleva como título “Manual de diseño de pavimentación flexible por el método Ashto-93”, donde se describe cada parámetro de diseño y algunos ejemplos de aplicación de dicho método.

Finalmente, se recomienda que, si se requiere construir una carretera en alguna región específica del país, lo que se debe hacer es identificar las características del proyecto, los factores físicos y climáticos de la zona, las solicitudes de tránsito y tener en cuenta el desempeño al que se quiere llegar. Una vez identificados estos factores, se trabaja en base al método que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, además de tener la opción de implementar tecnologías de nueva generación.

## REFERENCIAS

- Acuña, M., & Sánchez, D. (2019). *Diseño del pavimento flexible en caliente de la Vía Santa Rosa - Chaupelanche del Km 0+000 al Km 13+025.00 Distrito de Chota - Provincia de Chota - Cajamarca. Tesis de pregrado* [Universidad César Vallejo].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/35900>
- Apaza, C. (2017). *Deformación en las mezclas asfálticas y su consecuente deterioro en los pavimentos asfálticos en la ciudad de Juliaca - 2016. Tesis de pregrado* [Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].  
<http://www.repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/1377/tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Becerra, M. (2013). *Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial* [Universidad de Piura].  
<https://hdl.handle.net/11042/1965>
- Bonett, G. (2014). *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible. Tesis de pregrado* [Universidad Militar Nueva Granada].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12010>
- Liu, Y., Su, P., Li, M., You, Z., & Zhao, M. (2020). Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 573–599.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.003>
- Mendoza, E. (2019). Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico ASSHTO 93 y Shell para determinar la vida útil del pavimento. Tesis de pregrado [Universidad Ricardo Palma]. In *Universidad Ricardo Palma*.

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2800>

Olaguivel, F. (2018). *Análisis de alternativas de pavimentación de la Carretera Paucarcolla - Huancanepata – Panamericana Sur del Distrito de Paucarcolla, Provincia de Puno en el año 2017. Tesis de pregrado* [Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4190>

Pólito, G. (2015). *Evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles en México. Tesis de maestría* [Universidad Nacional Autónoma de México]. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000737901](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000737901)

Santos, N., & Huertas, M. F. (2018). *Guía Metodológica del proceso constructivo de un pavimento flexible Girardot - Cundinamarca 2018. Tesis de pregrado* [Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5767>

Vásquez, J. (2020). *Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la Av. Perú de la ciudad de Chota - Cajamarca. Tesis de pregrado* [Universidad Nacional de Cajamarca]. In *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3945>

Yesquen, I. (2016). *Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de Surquillo-Lima. Tesis de pregrado* [Universidad Nacional de Piura]. <https://core.ac.uk/download/pdf/250076901.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Perú.*

Quiñones Paucar, K. (2017). *Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo : Carretera central -Avenida ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016 . Perú .*

Paccori Mori, F. L. (2018). *Propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial - Pachacamac. Perú.*

Venezuela Galindo, R. (2010). *Rehabilitación de pavimentos asfálticos de la ciudad de Cochabamba mediante el fresado y reciclado en frío. Cochabamba.*

Villa Chamán, V. M. (2007). *Reciclado in situ en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas: Aplicación: Colegio FAP Manuel Polo Gimenez. Perú*

## ANEXOS

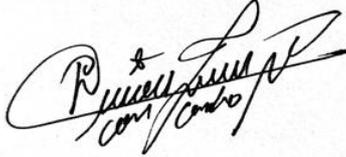
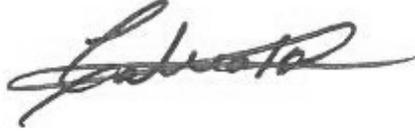
# **Anexo N° 01: Matriz de operacionalización de variables.**

<b>TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL MÉTODO MÁS FRECUENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN LOS DIFERENTES PARÁMETROS DE DISEÑO A PARTIR DE ESTUDIOS REALIZADOS EN PERU-CAJAMARCA 2022”</b>					
<b>VARIABLES:</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>VARIABLE 1</b>  Método más frecuente para el diseño de pavimentacion flexible.	El método Aashto -93 es el método más completo por que a diferencia de otros métodos, este introduce en uno de sus parámetros serviciabilidad como medida para brindar una superficie lisa y suave al usuario.	La revisión documental se basa en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación, de datos , es decir, obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales. Tiene la finalidad de aportar nuevos conocimientos referentes a la determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros a partir de estudios realizados en el Perú.	Tipos de metodos de diseño de pavimetnos flexibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método AASHTO-93</li> <li>• Método del instituto del asfalto</li> <li>• Metodo Eapañol MOPU</li> <li>• Método del intituto de ingenieria de la UNAM</li> <li>• Método RACIONAL</li> </ul>	Ordinal
<b>VARIABLE 2</b>  Parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú	los parámetros de diseño vienen hacer datos que se toman para analizar o valorar una situación que intervienen en el diseño de pavimentos flexibles.	Indicadores obtenidos de ciertas investigaciones documentales, importantes que permiten diseñar y calcular la estructura de los pavimentos flexibles	Tipos de parametros existentes de diferentes métodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito</li> <li>• Subrasante</li> <li>• Clima</li> <li>• Materiales</li> <li>• Drenaje</li> <li>• Subdrenaje</li> <li>• Serviabilidad</li> <li>• Confiabilidad</li> <li>• Desviacion estandar</li> <li>• Módulo de resiliencia</li> <li>• Coeficiente estructural</li> <li>• Número estructural</li> <li>• Espesores</li> </ul>	Ordinal

## **Anexo N° 02: Matriz de consistencia.**

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL MÉTODO MÁS FRECUENTE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN LOS DIFERENTES PARÁMETROS DE DISEÑO A PARTIR DE ESTUDIOS REALIZADOS EN PERU-CAJAMARCA 2022”					
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cuál es el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú - Cajamarca 2022?	El método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en el Perú es el método Aashto.	<b>GENERAL:</b>	<b>VARIABLE 1:</b>	<b>Tipo de investigación:</b>	30 tesis realizadas en universidades peruanas.
				-Descriptiva	
				<b>Diseño:</b>	
		Determinar el método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022	Método mas frecuente para el diseño de pavimentacion flexible.	-No experimental, de corte longitudinal.	
				<b>Técnica de recolección de datos:</b>	
				-Revisión documental	
				<b>Instrumento:</b>	
		<b>ESPECÍFICOS:</b>	<b>VARIABLE 2:</b>	<b>Técnica de análisis de datos:</b>	
		Describir los métodos de diseño de pavimentos flexibles más comunes		-Análisis estadístico	
		Definir el método más frecuente a través de la comparación de los parámetros de diseño en estudios realizados en Perú		<b>Instrumento:</b>	
		Comparar la antigüedad de cada método de diseño y comparar los espesores de diseño según las condiciones climáticas en las investigaciones analizadas	Parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú		
		realizar el manual de diseño del método más frecuente		-Microsoft Excel	

## **Anexo N° 03: Fichas de recolección de datos.**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>1</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO EL METODO AASHTO 93 PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY. TRAMO: AYACUCHO KM. 0+000 – KM. 50+000</b>			
<b>Autor</b>	<b>OSCAR ALEJANDRO SANCHEZ VASQUEZ</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2019</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La presente tesis titulada "DISEÑO DE PAVIMENTO EMPLEANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AYACUCHO - ABANCAY. TRAMO: AYACUCHO KM. 0+000 – KM. 50+000", tiene por finalidad proponer como debe estar conformada la estructura del pavimento a construirse en la carretera en mención. Para ello previamente se definirá el periodo de diseño a considerarse.</p> <p>Las evaluaciones de suelos realizadas en la carretera: Ayacucho – Abancay, Tramo I; Km. 0+000 – Km. 50+000 que se encuentra a nivel de capa granular (afirmado), permiten apreciar que en la actualidad esta carretera presenta insuficiencias superficiales que en algunos subtramos son críticos y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en la carretera. Allí radica la importancia del tema elegido para la presente tesis puesto que el mejoramiento de la carretera en mención permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en el área de influencia.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar los pavimentos a emplearse en la carretera Ayacucho – Abancay - Tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000, empleando el método Aashto 93 para llevar a cabo el mejoramiento de la vía.		Definir el periodo de diseño a considerarse en el pavimento que se plantea construirse. Proponer la estructura del pavimento a construirse para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Mediante la metodología Aashto 93 se podrá realizar un diseño eficiente de pavimentos flexibles con miras a lograr el mejoramiento de la carretera Ayacucho – Abancay.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
concluye que de diseño del pavimento según AASHTO-93 incluye los siguientes conceptos: el factor de confiabilidad (por márgenes de variación en pronóstico de tráfico y comportamiento del pavimento), módulo de resiliencia de la sub-rasante y extensión de los coeficientes de equivalencia por el tráfico y el número estructural SN. según lo desarrollado en la presente tesis, se plantea una alternativa de periodo de diseño (0-10) años y refuerzo año 10 (10-20). El dimensionamiento de método Aashto 93 llevado a cabo en la presente tesis se puede resumir en el cuadro N° 12.				
 <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>2</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b><u>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</u></b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Comparación de métodos de diseño y patologías en el pavimento flexible.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Olivas Mendoza Ruth Noemi</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2020</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Los pavimentos flexibles son estructuras sobre capas superpuestas dependiendo de las cargas que transitan en cada capa, son utilizadas en zonas de abundante tráfico. En este documento, se presenta una investigación en el diseño del pavimento flexible, realizando una descripción de las capas de la estructura del pavimento y el desarrollo o evolución de los métodos de diseño; se eligió dos métodos (AASHTO y racional) dando a conocer cada una de las variables que son utilizadas, con la recolección de información se hace una comparación entre estos métodos. Así mismo se da a conocer los tipos de patologías que se presentan desde sencillas condiciones hasta tener una falla en toda la estructura del pavimento flexible; con el fin de mostrar las patologías más comunes exponiendo sus causas y efectos que se pueden generar. Siendo aspectos de gran importancia para la formación de los ingenieros.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Analizar los métodos de diseño (AASHTO, RACIONAL) en fase de investigación, identificación de patologías en pavimento flexible causas y efectos.		Definir las variables de entrada en los diseños de pavimento flexible		
		Realizar una recopilación de información así construir una comparación entre estos métodos de diseño.		
		Identificación de patologías más comunes que se presenta en el pavimento flexible, causas y efectos.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La evaluación depende sustancialmente de las causas. Defectos constructivos pueden pertenecer estables mucho tiempo. Cuando son atribuidos a la debilidad de la base progresen rápidamente en severidad y extensión, dando lugar a baches (Departamento de admisiones y evaluación de pavimentos, 2016).				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Los métodos de diseño, cuentan con diferentes variables o parámetros que pueden generar alguna variación en el dimensionamiento, que se necesitan para el diseño de una estructura de pavimento flexible.</li> <li>&gt; El método de la AASHTO considera parámetros más rigurosos relacionando las variables de serviciabilidad, confiabilidad, desviación estándar, drenaje, tránsito y el método racional combina conceptos como la resistencia a la fatiga, relación de poisson que se relaciona con el método de la SHELL.</li> </ul>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

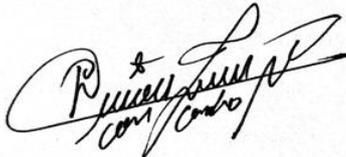
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>3</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla. biaxial en la pavimentación de la av. Perú de la ciudad de chota- Cajamarca.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Vásquez Agip José Kevin</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2020</b>			
<b>RESUMEN</b>				
Esta investigación se basa en el análisis comparativo de su comportamiento funcional y económico entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la Av. Perú de la ciudad de Chota- Cajamarca. Para el cálculo de pavimentos flexibles, primero se realizó el diseño tradicional sin refuerzo (método AASHTO), luego para el diseño reforzado se halló el número estructural según metodología AASHTO para la estructura sin refuerzo, para luego calcular el nuevo espesor de la capa de base y sub-base con refuerzo empleando una geomalla Biaxial BX 1200 y la verificación del aporte estructural con los nuevos espesores de capas de material granular e inclusión de geomalla.				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Analizar el diseño de pavimento rígido y el diseño de pavimento flexible reforzados con geomalla biaxial BX-1200 en la pavimentación la Av. Perú de la ciudad de Chota- Cajamarca.		Diseñar los pavimentos rígido y flexible con y sin refuerzo de geomalla Biaxial Bx- 1200 en su estructura.		
		Cotejar el diseño de pavimento rígido con y sin refuerzo de geomalla Biaxial Bx- 1200.		
		Examinar el diseño de pavimento flexible con y sin refuerzo de geomalla Biaxial Bx-1200.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Si utilizamos los diseños de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial BX-1200, serán adecuados para la pavimentación de la Av. Perú de la Ciudad de Chota- Cajamarca.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Al realizar la comparación de los diseños de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial BX-1200, respectivamente, existe una diferencia significativa de espesores de capas granulares, en un 100% , debido a que el pavimento rígido no cuenta con esta capa y 33.83% a nivel de subbase, pero diferencia inversa en lo referente a la capa de rodadura de 45.66%</p> <p>*Se determinó como mejor alternativa, el diseño de pavimento rígido con inclusión de geomalla, debido a su mejor comportamiento estructural y menores espesores de capas granulares en comparación con el diseño de pavimento flexible.</p> <p>* El análisis del pavimento rígido y el flexible realizado se enfocó en dos aspectos principales, el funcional, en el cual tiene gran preponderancia el diseño, y por otro</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

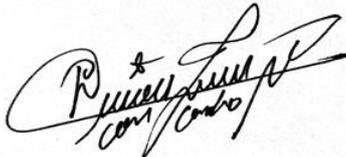
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>4</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Definición moderna de los parámetros para el diseño de pavimentos.			
<b>Autor</b>	Hidalgo Andrade Felipe Adrián			
<b>AÑO</b>	2012			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La investigación realizada da inicio con la presentación de conceptos generales y esquematizaciones necesarias para orientar al lector en el enfoque del texto, partiendo desde la historia y desarrollo en el tiempo de los pavimentos, conceptualizando lo que es el pavimento propiamente dicho, esquematización de la estructura, análisis, tipos, características, factibilidad económica de la realización de estas estructuras. De igual forma también se explica sobre la nomenclatura de las diferentes capas del pavimento y significado de cada una a manera de fijar conceptos que permitan el desarrollo de los temas propuestos en los capítulos siguientes.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
lograr la mayor versatilidad del programa, ESTAND-P propone una fila de alternativas con las que el usuario cuenta para precisar de mejor manera lo que desea realizar, contando de esta manera con la flexibilidad que el software trata de ofrecer en este punto. Este sin número de alternativas están localizadas en la fila superior de la ventana del programa.		Facilitar la ejecución de las explanaciones durante la fase de construcción de la carretera		
		Aumentar la capacidad portante de la subrasante y reducir así el espesor del pavimento.		
		Contribuir con la estabilidad de los taludes mediante la orientación más favorable de los flujos del agua interna		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El pavimento se presenta geoméricamente como una estructura constituida por una serie de capas horizontales paralela, indefinidas en su plano y de espesor finito constante, apoyadas en un espacio semi-infinito de Boussinesq.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* El Pavimento es una estructura de cimentación sobre la cuál, actúan cargas repetidas debidas al paso de los vehículos, los cuales son transmitidas hacia el suelo de cimentación, con la condición que ese incremento de tensión no supere su tensión admisible del depósito de suelo sobre el cual se asienta. *En el caso de Pavimentos, la tensión admisible del suelo esta en función de sus características físico – mecánicas y del número de aplicaciones de carga de un vehículo estándar durante su vida en servicio.</p>				
 <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>5</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Proceso constructivo de la infraestructura vial en pavimento flexible en algunos sectores especificados en el contrato no. 1018 del 2012.			
<b>Autor</b>	Fadiño Sánchez Adriana P., Ramos Reyes Luisa F. & Torres La torre Claudia L.			
<b>AÑO</b>	2014			
<b>RESUMEN</b>				
El trabajo pretende exponer las actividades ejecutadas por el contratista en el proceso constructivo de cada frente de obra, para el cumplimiento del objeto de contrato. Así mismo, en este trabajo se realiza un diagnostico vial para los tramos existentes en estudio, el cual pretende saber las condiciones actuales de las estructuras de pavimento flexible, con el fin de generar las conclusiones que al respecto tengan lugar. Por otro lado se busca comparar las cantidades contractuales, con las presentadas por el contratista y con las ejecutadas, teniendo en cuenta que estas últimas son				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Elaborar un diagnóstico de los procesos constructivos de la pavimentación en vías urbanas en los sectores especificados en el contrato N°. 1018, suscritos por la Alcaldía Municipal a través del modelo de auditoria realizado por la Contraloría Municipal de Villavicencio.		Verificar el proceso constructivo de cada obra		
		Comparar los valores totales contractuales con respecto a los ejecutados.		
		Determinar los problemas en la ejecución de las obras en el caso de presentarse.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Sin perjuicio de la actualización o revisión de precios, en caso de no haberse pactado intereses moratorios, se aplicará la tasa equivalente al doble del interés legal civil sobre el valor histórico actualizado.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
*La colocación de material de sub-base granular en todos los tramos, se extendió sobre una superficie la cual fue compactada, de acuerdo a las especificaciones técnicas del Invias, excepto en el Barrio Delirio-Girasoles, dado que no se evidencio la compactación de la sub-rasante, a causa de que se excavo e inmediatamente se extendió el material granular de sub-base. *La compactación de las capas en todos los tramos se realizó con el equipo apropiado y se efectuó de la manera adecuada. Además se evidencio la toma de densidades tanto en la base como la subbase alcanzando sus densidades específicas.				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>6</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93.</b>			
<b>Autor</b>	<b>García Morales Andrés Ricardo</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2015</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Este documento expone un caso de diseño de una estructura pavimento asfáltico empleando la metodología AASHTO-93, a través de la utilización de la herramienta computacional llamada DISAASHTO-93. Esta herramienta desarrollada por el autor de este artículo, tiene como principal fin permitir al usuario ejecutar de manera rápida y precisa los diferentes cálculos numéricos para la obtención de números estructurales, así como la verificación de los mismos. Además permite variar los diferentes parámetros que intervienen en el modelo AASHTO-93 para así obtener diferentes estructuras de pavimento y concluir cual sería la más recomendable de acuerdo a las necesidades propias de cada proyecto.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinar el diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93.		Definir las variables de diseño		
		Definir los parámetros de diseño del método Aashto		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Un aspecto importante también es que el programa ofrece la opción de calcular el número estructural SN si necesidad de diseñar o calcular toda la estructura, por ejemplo si queremos obtener el SN de una sola capa lo podremos hacer de manera rápida				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Después de haber expuesto un ejemplo de diseño de estructura de pavimento flexible por el método AASHTO-93 se observa que los resultados arrojados por éste programa son bastante precisos.</p> <p>*Se expuso de manera clara la implementación del método AASHTO-93 en estructuras de pavimento de pavimento flexible, con el propósito de entender de manera más precisa como trabaja el software DISAASHTO-93. Lo anterior con el fin de entender claramente la conceptualización de los parámetros que intervienen en el modelo y como se deben introducir al programa DISAASHTO-93 para así obtener resultados acordes a los órdenes de magnitud de los valores de cada parámetro.</p>				
				
<b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		<b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

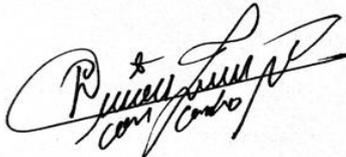
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	7
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño de pavimentos flexibles, método de INSTITUTO DEL ASFALTO parámetros de diseño.			
<b>Autor</b>	Álvarez Sifuentes Ángelo			
<b>AÑO</b>	2016			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El método mas reciente del instituto del asfalto de los estados unidos de norteamerica, editado en 1991 y publicado en 1993, presental algunos cambios , respecto a los metodos anteriores para el diseño de seccion estructural de pavimentos flexibles, esto se basa rincipalmente en la aplicacion de la teoria de multicapas que utilizan resultado de investigaviones recientes por parte de ese organismo, sin embargo, se conoce que por los avances de la tecnologia de los pavimentos asfalticos se requieren mas conocimientos sobre las propiedades de los materiales para las necesidades actuales de los sistemas carreteros, por lo que el metodo vigente plobablemtende quiera revision e implementacion futuras.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinacion y definicion del método de INSTITUTO DEL ASFALTO parámetros de diseño.		Definir sus parametros de diseño		
		Definir y susntentar las tecnologias mas recientes del metodo		
		Generar un manual de aplicación del metodo.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El método de diseño de pavimentos flexibles, método de INSTITUTO DEL ASFALTO parámetros de diseño.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Se concluyó que el metodo del instituto del asfalto de los estados unidos de norteamerica viene siendo uno de los metodos mas comunes y efectivos para el diseño de pavimentacion flexible, ademas de ser un metodo que viene desde la decada de los 90 sigue siendo eficaz para contribuir con la sociedad				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

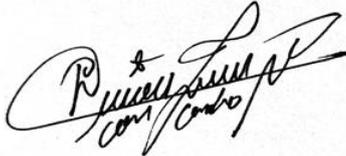
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>8</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño de un pavimento flexible por los métodos AASTHO Y RACIONAL.			
<b>Autor</b>	Aristizábal Morales Laura M. & Hoyos Arenas José F.			
<b>AÑO</b>	2014			
<b>RESUMEN</b>				
<p>En este documento se presentan dos métodos para el diseño de pavimentos flexibles por los métodos AASTHO Y RACIONAL, donde se hace la descripción y posterior comparación de los elementos usados en cada uno, así mismo, se desarrolla el diseño de un pavimento flexible paso a paso con los elementos que cada método requiere y la explicación de los programas de software pertinentes para cada caso como lo son el AASTHO 93 y el DEPAV. Los datos iniciales encontrados en el documento son datos supuestos con el fin de hacer los cálculos correspondientes en general a un estudio de tránsito.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Comparar los métodos de diseño de pavimentos flexibles AASTHO y Racional		Estipular el tipo tránsito, volumen y las cargas a las que el pavimento será sometido durante el periodo de diseño para su <u>puesta en servicio</u> . Identificar y comparar las diferentes variables de los métodos empleados Determinar los espesores de las capas del pavimento, por medio de los métodos de la AASTHO y el método racional.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño de un pavimento flexible por los métodos AASTHO Y RACIONAL				
<b>CONCLUSIONES</b>				
* Para ambos diseños se requiere ejecutar estudios de suelos y de tránsito, antes de iniciar el diseño. * Mientras que el método de AASTHO relaciona confiabilidad, desviación estándar, factor de distribución del carril, drenaje, ejes equivalente, nivel de servicio, el método racional solo hace una calculo con esfuerzos admisibles, ejes equivalente y elasticidad * Con los diseño del pavimento, se puede evidenciar que con ambos métodos dan espesores de capas similares				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

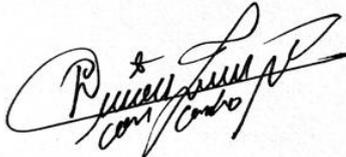
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>9</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño del pavimento flexible en caliente de la vía Santa Rosa – Chaupelanche del km 0+000 al km 13+025.00 distrito de Chota – provincia de chota - Cajamarca.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Acuña Campos M. Steeven &amp; Sánchez Gonzales D. Alexander</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2019</b>			
<b>RESUMEN</b>				
El desarrollo del presente proyecto, constituye la aplicación de diferentes conocimientos alcanzados para la elaboración adecuada del diseño de carretera de tercera clase, el objetivo principal es realizar el "DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE DE LA VÍA SANTA ROSA – CHAUPELANCHE DEL KM 0+000 AL KM 13+025.00 DISTRITO DE CHOTA – PROVINCIA DE CHOTA – CAJAMARCA" y determinar si el proyecto cumple con todas las normas de AASHTO y Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, teniendo en cuenta los factores de calidad y costos.				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar la Estructura de Pavimento Flexible en Caliente de la Vía Santa Rosa – Chaupelanche del km 0+000 al km 13+025.00 Distrito de Chota – Provincia de Chota, Cajamarca".		Realizar los estudios topográficos de la vía Santa Rosa - Chaupelanche.		
		Calcular el caudal de acuerdo a la hidrología de la zona.		
		Definir los impactos ambientales tanto positivos como negativos.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La construcción de carretera utilizando la normativa vigente Diseño Geométrico DG-2018.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
* El diagnóstico realizado nos permite analizar las características de la zona para acoplarse a las normas de diseño según las características de la vía que se va a ejecutar de acuerdo al DG-2018. * La vía en estudio presenta un ancho de capa de rodadura de 6.60 m, las bermas de 1.00 m de ancho lateral y un radio mínimo de 25 m. de acuerdo a la normativa vigente.				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>10</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera costanera huanchaco – Santiago de cao, la libertad, 2018.			
<b>Autor</b>	Reyes Pozo, Brayán M. & Zamora Zavaleta José R.			
<b>AÑO</b>	2018			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El presente trabajo de investigación, se desarrolló en la carretera costanera, ubicada entre los distritos de Huanchaco (provincia de Trujillo) y Santiago de Cao (provincia de Ascope), región de La Libertad, en donde se realizó el diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor (malla metálica + slurry seal, ubicada entre la carpeta de rodadura y la base granular) como medida sustentable, para ello se realizó el viaje a la zona de estudio en donde se realizó la descripción del estado actual de la carretera, evidenciando que la actual capa de rodadura (micropavimento) se encuentra en condiciones deficientes de serviciabilidad al tener múltiples fallas y huecos llegando al nivel de la base granular, dificultando la transitabilidad de los vehículos.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar el pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera costanera Huanchaco – Santiago de Cao, La Libertad, 2018.		Realizar un estudio descriptivo de las condiciones del estado actual de la carretera en estudio.		
		Realizar los estudios básicos de ingeniería: topografía, estudio de tráfico y mecánica de suelos.		
		Realizar la comparación entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con aplicación del sistema bitufor.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La utilización del sistema bitufor será una medida sustentable en el diseño del pavimento flexible de la carretera costanera Huanchaco – Santiago de Cao, La Libertad, 2018; debido a que generaría ahorro económico en los materiales y mayor capacidad de soporte en la estructura.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Se diseñó el Pavimento Flexible utilizando el Sistema Bitufor como medida sustentable en la carretera Costanera, ubicada entre los distritos de Huanchaco (Provincia de Trujillo) y Santiago de Cao (Provincia de Ascope), región de La Libertad, el cual comprendió una carretera con longitud de 18,300m, en dónde se determinó como muestra de estudio el Km8+540 – Km9+540.				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>11</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Elaboración de un Programa de Diseño de Pavimentos Flexibles.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Alarcón Chávez Carlos Eleazar</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2012</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Actualmente uno de los principales insumos básicos en el desarrollo socioeconómico de nuestro país es la construcción de infraestructura carretera. Aproximadamente un 88% de los de los pavimentos que se construyen en nuestro país son flexibles. Actualmente en México, se cuenta con la metodología de diseño del Instituto de Ingeniería de la UNAM, la cual a lo largo de los últimos años se ha utilizado ampliamente. Paralelamente, los pavimentos se han estado revisando adicionalmente con metodologías extranjeras, presentándose una gran desventaja en esto, ya que estas no representan en forma fidedigna las condiciones reales de operación de nuestros pavimentos. Partiendo de una metodología empírico-mecanicista, se desarrolla un nuevo programa de cómputo, utilizando el software Wolfram Mathematica 8. Este programa incluye modelos de deterioro de fatiga de la carpeta y de deformación permanente, como las del propio Instituto de Ingeniería de la UNAM u otras para su comparación directa.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Elaborar un Programa de Diseño de Pavimentos Flexibles.		Definir sus parametros de diseño que el programa debe utilizar		
		Definir los datos de entrada del metodo.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La creacion de un programa de diseñi de pavimnetacion flexible				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>Este trabajo nos trajo como resultado un nuevo programa base de diseño estructural de pavimentos flexibles con una gran versatilidad. Los modelos extranjeros nos producen cierta incertidumbre porque sus condiciones son muy distintas a las nuestras. Reforzando esto, los modelos de deterioro son el punto medular de esta discrepancia ya que no sabemos bajo que condiciones de pruebas de laboratorio fueron concebidas. No sabemos bajo qué parámetros se ejecutaron, por ejemplo temperaturas o tiempos de aplicación de cargas para las capas asfálticas, o esfuerzos de confinamiento o desviadores, humedad o compactaciones para los suelos. Además, los modelos de deterioro utilizados por la UNAM están alejados de otras agencias de investigación del mundo.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>12</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de un modelo avanzado de pavimentos flexibles y su comparación con los métodos tradicionales</b>			
<b>Autor</b>	<b>Carrillo Gil Arnaldo &amp; Carrillo Delgado Eduardo</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2021</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Tradicionalmente, el diseño de pavimentos flexibles se ha realizado siguiendo los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y AASHTO. Este trabajo presenta una nueva metodología de diseño, la cual se realiza utilizando el programa de cómputo Kenlayer. El análisis estructural de pavimento ejecutado por el Kenlayer se lleva a cabo considerando las características propias de los materiales constitutivos de las diferentes capas de pavimento, es decir, considera al asfalto como material viscoelástico; y a los materiales granulares para bases y subbases y a los materiales finos de subrasante como materiales de esfuerzos sensitivos, esto es, con un comportamiento que depende del nivel del esfuerzo al cual se le somete.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinación del modelo avanzado de pavimentos flexibles y su comparación con los métodos tradicionales		Determinar las variables de diseño		
		Determinar y definir los parámetros del modelo para pavimentos flexibles		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>El trabajo se compara, en base a un diseño real para una vía, los métodos de diseño tradicionales y la aplicación del programa de cómputo presentado, con el fin de realizar una evaluación de los resultados obtenidos por cada una de las metodologías, estableciendo su conveniencia económica y aplicaciones ingenieriles modernas.</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>Al analizar los resultados es notoria la diferencia existente entre los espesores de cada estructura del pavimento al realizar el diseño utilizando las metodologías tradicionales (Instituto del Asfalto y AASHTO) y los propuestos por el método Kenlayer. Es más, al comparar las configuraciones planteadas por los dos métodos tradicionales las diferencias son también de importancia. A continuación establecemos conclusiones caso por caso, de acuerdo a las configuraciones de diseño del pavimento obtenidas al emplear cada una de las metodologías y mostraremos, también, una comparación tanto entre los espesores por capa obtenidos así como en los costos aproximados por metro cuadrado de cada alternativa sugerida.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>13</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño del pavimento flexible de la carretera ciudad de Dios-Cajamarca en zona alto andina con aplicación del método índice de condición del pavimento en el año 2017</b>			
<b>Autor</b>	<b>Chiquilín Vigo Marco Aurelio</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2017</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El objetivo del estudio fue determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, empleando la metodología del índice de condición del pavimento en un tramo con asfalto de longitud 37,88 km y ancho de calzada de 6,0 m, en su punto de inicio en km 133+653 tiene una altitud de 1 900 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y en el punto más alto de tramo km 162+162 - sector abra el gavián tiene una altitud de 3 220 m.s.n.m.. El tramo fue dividido en dos sectores, según la fecha de la última rehabilitación de la cual fue objeto el pavimento: el sector 1 entre la progresiva km 133+653 al km 155+000, rehabilitado en el año 2010 y el sector 2 entre el km 155+000 al km 171+533 rehabilitado en 2012.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<p>Determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, aplicando el método índice de condición del pavimento.</p>		<p>Obtener parámetros de evaluación como son: clase, severidad y cantidad de daños más frecuentes presentes en el pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, con el método índice de condición del pavimento.</p> <p>Proponer las medidas correctivas aplicables al pavimento según el tipo de daños más frecuentes en la superficie de rodadura del pavimento.</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>La condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina es regular.</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* En el presente estudio de evaluación de la condición del pavimento flexible con la metodología del PCI de un tramo de la vía que conforma la red vial nacional del país de Perú identificada como ruta PE-08 ubicada en zona alto andina, según los resultados, análisis, interpretación y discusión ha llegado a las siguientes conclusiones:</p> <p>* El valor del PCI promedio obtenido para el sector 1 es de 49,34 ubicado en el intervalo de clasificación Regular, esto determina que la condición del pavimento en el sector 1 es Regular y para el sector 2 el valor del PCI es de 56.87 ubicado en el intervalo de clasificación Bueno, esto determina que la condición del pavimento en el sector 2 es Bueno.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>14</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Pólito Román Gerardo</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2015</b>			
<b>RESUMEN</b>				
Desde su origen hasta la actualidad, las carreteras en México han cumplido con su función principal que es la de comunicar a todo el territorio nacional. No obstante y a pesar de su buen funcionamiento, con el transcurrir del tiempo, los pavimentos van sufriendo serios deterioros en su superficie de rodamiento y subestructura, lo cual implica que los gobiernos locales y el gobierno federal anualmente destinen importantes recursos económicos para dar mantenimiento y conservación a éstas importantes vías de comunicación. La red carretera de México es muy extensa y está constituida principalmente por pavimentos flexibles y en menor porcentaje por pavimentos rígidos. Es aquí donde se centra el tema de investigación. Debido al auge que actualmente tienen los pavimentos rígidos por su "mayor resistencia", poco a poco van ganando mayor terreno frente a los pavimentos flexibles				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Los objetivos de éste capítulo son; el estudio de los antecedentes históricos de los pavimentos de México y su contexto en el mundo, para identificar las necesidades y los procesos constructivos que marcaron el inicio de la urbanización y el desarrollo de la infraestructura del México actual.		Proporcionar una superficie de rodamiento de la más alta calidad en términos de confort y seguridad para el usuario. Servir como tratamiento de conservación preventivo, al garantizar una impermeabilización (sellado) total de la carpeta asfáltica interior protegiendo de una degradación acelerada la totalidad de la estructura del pavimento		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Se plantearon las principales necesidades que fueron la causa primigenia para la creación de los primeros caminos, y se concluye que durante la época de los Aztecas y el resto de las civilizaciones del país, las necesidades de comercio y ampliación territorial, obligaron a los pobladores a construir esas brechas y modificar las condiciones naturales de las veredas con la finalidad de poder trasladarse y mover sus herramientas, mercancías y a la gente. Con la llegada de los españoles y los primeros medios de transporte, comenzó la necesidad de construir caminos más elaborados.				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>15</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de surquillo-lima.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Yesquen Granda Andrés</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2016</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Este proyecto de investigación esta enmarcado a la conservación del pavimento con el objetivo de obtener un comportamiento satisfactorio a lo largo de la vida útil, debido a la complejidad de los pavimentos, existe la necesidad de adoptar métodos eficientes de diseño, adecuadas a tecnicas constructivas, distemas de gestión de mantenimiento, debido a que afectan su desempeño durante su vida de servicio. esta no es una tarea facil por que involucra un analisis integral de los aspectos funcionales y estructurales del pavimento, asi como los factores socio-economicos y medio ambientales. por ello emos determinado la condicion del pavimento a traves del indice de desempeño PCI en el distrito de Surquillo Lima , es decir hemos evaluado el estado del pavimento con un estudio, recoleccion y evaluacion de datos, posteriormente clasificarlo y obteniendo una base racional para darle un oportuno y adecuado mantenimiento.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Generar una política de gestión y conservación de pavimentos del entorno del distrito de Surquillo-Lima, a través del parametro de desempeño el PCI		Determinar la condicion del pavimento, a través del estudio visual usando el indice de la condicion del pavimento		
		Proporsionar una base racional para determinar mantenimiento, necesidades de repacacion y prioridades		
		Practicar una buena gestión es decir contar con una organización que garantice una adecuada adminitracion de los recursos presupuestales.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de surquillo-lima.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>*Se ha logrado determinar la condición del pavimento a través del método del Per en el distrito de Surquillo-Lima, y a su vez lograr un plan de gestión con un mantenimiento adecuado y oportuno.          *En el Análisis del PCI de dedujo:          Sector A contiene un pavimento Bueno 64%, Regular 25%, Muy pobre 11% Sector B contiene un pavimento Bueno 20%, Regular 80% Sector e contiene un pavimento Bueno 67%, Regular 33 Sector D contiene un pavimento Bueno 25%, Regular 39%, pobre 36% Sector E contiene un pavimento Bueno 38%, Regular 62%</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>16</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Implementación del modelo climático del método Aashto 2008 (mepdg) para el diseño de pavimentos flexibles en la ciudad de Tacna.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Yufra Carita Jair Rodrigo</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2018</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El presente trabajo tiene por objeto implementar el modelo climático considerado por la Guía de Diseño de Pavimentos mecanicista-empírico (MEPDG) también conocido como AASHTO 2008, para su uso en el diseño de pavimentos flexibles en la ciudad de Tacna. La implementación del modelo climático se traduce en la creación de un Archivo Climático virtual con extensión (.icm) para su uso en el software del método de diseño. A partir de la recopilación de información meteorológica de las estaciones climáticas disponibles en la ciudad de Tacna, se realizó un procesamiento de datos para poder adaptar dicha información al formato requerido por el modelo climático, culminando así, en la creación del Archivo Climático virtual requerido, el cual se empleó para realizar un prototipo de diseño para pavimento de concreto asfáltico utilizando la metodología MEPDG por medio del software "Design Guide 2002", que integra los cálculos propios del método.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Implementar el modelo climático del método AASHTO 2008 (MEPDG) para su uso en el diseño de pavimentos flexibles en la Ciudad de Tacna.		Implementar el modelo climático del método AASHTO 2008 (MEPDG) para su uso en el diseño de pavimentos flexibles en la Ciudad de Tacna. Analizar la influencia del clima de la ciudad de Tacna en el diseño de pavimentos flexibles según el modelo climático del método AASHTO 2008 (MEPDG).		
<b>HIPÓTESIS</b>				
La información climática disponible de las estaciones meteorológicas de SENAMHI y CORPAC en la ciudad de Tacna es lo suficientemente consistente para la implementación del modelo climático del método AASHTO 2008 (MEPDG).				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Se logró implementar el modelo climático del método AASHTO 2008 (MEPDG) a través de la creación del archivo climático ICM "Tacna-PE.icm" (ANEXO F), el cual contiene información climática de dos años (2016-2017) de la ciudad de Tacna, y puede ser usado para el diseño de pavimentos flexibles por el método AASHTO 2008.</p> <p>* Por medio de la importación del Archivo climático ICM creado (Tacna-PE.icm) en el software "Design Guide 2002", se pudo elaborar un prototipo de diseño de pavimento flexible, el cual propone el detalle de un procedimiento para la elaboración de diseños de pavimentos flexibles en la ciudad de Tacna por medio del método AASHTO 2008 (MEPDG).</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> <b>Responsable de la ficha.</b>		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> <b>Asesor.</b>		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	17
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b><u>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</u></b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de pavimentos flexibles por el método AASHTO - 93.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Cossi Arocutipá Patricia</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2016</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad R. Durante el año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo resiliente. Con este fin se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los resultados se divide el año en periodos en los cuales el MR es constante. Para cada valor de MR se determina el valor del daño relativo, utilizando el ábaco de la Figura VI.1 ó la siguiente expresión:</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinar los espesores mínimos de cada capa del pavimento flexible por el método Ashto		Definir sus parámetros de diseño		
		Determinar el número estructural (SN) para el diseño.		
		Dar ejemplos prácticos del diseño,		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño de pavimentos flexibles por el método Aashto-93				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Se logró determinar los espesores mínimos de cada capa de pavimentos flexibles por el la metodología Aashto-93, también se logró definir sus parámetros de diseño así como determinar el número estructural (SN) para el dicho diseño y finalmente dar unos ejemplos prácticos de la metodología				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> <b>Responsable de la ficha.</b>		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> <b>Asesor.</b>		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>18</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Rondón Quintana Hugo Alexander</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2017</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El artículo presenta los tipos de metodologías para el análisis y diseño de estructuras de pavimentos flexibles en el mundo, las tendencias actuales y el avance de herramientas computacionales en la ingeniería de pavimentos. Se discuten los alcances y limitaciones de dichas metodologías y tendencias, haciendo énfasis en el comportamiento de materiales granulares que conforman capas de base y subbase. Además se realiza una discusión crítica sobre la forma como el método de diseño colombiano evalúa el fenómeno de deformación permanente en estructuras de pavimentos flexibles.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<p>Evaluar la respuesta de diversas estructuras de pavimento sometidas a diferentes condiciones de carga y presión de llanta, utilizando pistas de prueba aceleradas construidas entre 1986 y 1990 por la FHWA (Federal Highway Administration, USA).</p>		<p>Evaluar la respuesta que experimentan materiales granulares bajo cargas cíclicas y condiciones ambientales similares a las que presentan in situ cuando conforman capas granulares de base y subbase en pavimentos flexibles</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>La metodología de diseño de pavimento flexible: tendencias, alcances y limitaciones .</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Los métodos de diseño de pavimentos en Colombia deben comenzar a tener en cuenta que la acumulación de la deformación permanente es la suma de las deformaciones que se generan en cada una de las capas de la estructura. * Los ensayos para la caracterización de granulares deben considerar lo más real posible el comportamiento (rigidez y resistencia a la deformación permanente principalmente) que pueden experimentar estos materiales bajo cargas cíclicas (magnitud e historia de esfuerzos) y distintas condiciones del medio ambiente (humedad). Otros factores que se deben tener en cuenta a la hora de realizar estudios sobre estos materiales son la densidad, contenido de finos, gradación y naturaleza del agregado pétreo, número, frecuencia de carga y procesos constructivos.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

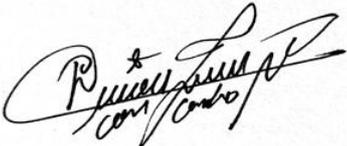
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>19</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b><u>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</u></b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Fonseca Rodríguez Carlos H.</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2015</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>Actualmente en cuanto al diseño de pavimentos flexibles en Mexico, la seleccionde una estructura se deja la voluntad del ingeniero. Se efectua principalmente en base al criterio ecoómico. En cuanto a la capa de rodamiento la selección de los materiales se opera en base a las normas. el diseñador debe seleccionar la estructura optima sin poder basarse en las normas practicas y condiciones de aplicacion precisas de los materiales normalizados</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<p>Aportar a la industria de la construcción y en particular a los constructores de pavimentos flexibles, proporcionando, a través del estudio de diferentes modelos empíricos, la orientación respecto a los procedimientos, técnicas y recomendaciones para el diseño de nuevas</p>		<p>Orientar y dar principalmente en el estudio la ilustracion y la discusión de los modelos empíricos utilizados para el diseño de un pavimento flexible y la influencia que estos tienen con la calidad y el buen comportamiento de la estructura.</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>Los modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>se concluyó aportar a la industria de la construcción y en particular a los constructores de pavimentos flexibles, proporcionando, a través del estudio de diferentes modelos empíricos, la orientación respecto a los procedimientos, técnicas y recomendaciones para el diseño de nuevas , ademas de Orientar y dar principalmente en el estudio la ilustracion y la discusión de los modelos empíricos utilizados para el diseño de un pavimento flexible y la influencia que estos tienen con la calidad y el buen comportamiento de la estructura.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> <b>Responsable de la ficha.</b>		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> <b>Asesor.</b>		

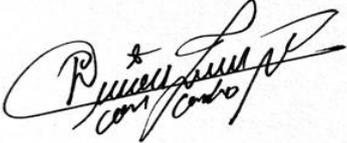
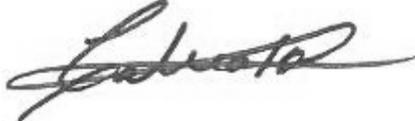
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>20</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Pavimentos flexibles Problemática, metodologías de diseño y tendencias</b>			
<b>Autor</b>	<b>Rico Rodríguez Alfonso, Téllez Gutiérrez Rodolfo &amp; Garnica Anguas Paul</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2012</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>En este trabajo se considera la problemática general del comportamiento de los pavimentos flexibles, con estructura usual dentro de la práctica mexicana. En primer lugar se discute el papel fundamental que juegan las características del comportamiento mecánico de los materiales térreos utilizados dentro del comportamiento general, considerando el efecto del tránsito y los que provienen del intemperismo y del efecto del agua. En la última parte, se presenta un panorama general y un análisis crítico de algunas de las investigaciones que sobre el comportamiento y diseño de pavimentos se están llevando a cabo a nivel internacional.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<p>proveer las herramientas necesarias para mejorar el comportamiento de los pavimentos e incrementar así la duración de su vida útil, mejorando las condiciones de transporte sin ocasionar mayores incrementos en los recursos financieros. Las áreas estratégicas en las cuales el programa SHRP enfoca su atención son las siguientes:</p>		<p>realización de ensayos de fatiga sobre diferentes estructuras de pavimento para cargas repetidas de 10 y 11.5 toneladas por eje, la verificación de los procedimientos de diseño y mantenimiento utilizados por los países participantes y la estandarización de equipos de prueba, procedimientos de medición y de interpretación de resultados</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>La base de los métodos mecanicistas, han sido cuestionadas y criticadas en repetidas ocasiones en relación con la naturaleza del problema de pavimentos. Otra crítica de importancia es que los modelos estructurales de los pavimentos, del tipo de capas múltiples o de elementos finitos, sólo son aplicables a obras específicas</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Parece desprenderse de los análisis realizados y de la experiencia previa personal de los autores, la idea de que no existe un procedimiento fundado en una teoría general, producto de un conocimiento metodológico seguro, que permita diseñar los pavimentos flexibles. De hecho, parece que puede concluirse que no se conoce con el detalle suficiente el funcionamiento estructural de los mismos.</p> <p>* Es sentimiento de los autores que el buen comportamiento de un pavimento flexible depende más de los materiales empleados en construirlo y de las condiciones de trabajo de los mismos (por ejemplo, drenaje y subdrenaje) que del uso preferente de un determinado método de diseño.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> <b>Responsable de la ficha.</b>		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> <b>Asesor.</b>		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>21</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial</b>			
<b>Autor</b>	<b>Ozuna Ruiz Rafael Eduardo</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2018</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La infraestructura de pavimentos, es básica para el desarrollo de cualquier ciudad, por lo que debe darse la importancia que merece; tanto a la planeación y construcción, como al mantenimiento. Sin embargo en la ciudad de Mazatlán, como en la mayoría de las ciudades de nuestra República Mexicana, la red vial se ha construido de acuerdo a las necesidades que el mismo crecimiento les va exigiendo, y con una planeación deficiente, dando soluciones que únicamente satisfacen los requerimientos a corto plazo; misma que a medida que el tiempo transcurre se vuelven insuficientes, traduciéndose en incrementos de costos tanto para los usuarios como para el mismo gobierno municipal, al realizar trabajos de mantenimiento o reforzamiento, considerando que éstos se efectúan en el área urbana donde por la concentración de habitantes y las obras que éstos requieren para satisfacer sus demandas, reducen los espacios y dificultan las labores para corregir las anomalías de los pavimentos.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Presentar los conceptos básicos, los elementos más importantes y los costos asociados a la tecnología de los pavimentos; así como describir los principios generales más importantes de los sistemas de administración de pavimentos y, por último, describir la situación en la que se encuentra la red vial urbana de la ciudad de Mazatlán y la forma actual de administración del gobierno municipal. lo que nos permitirá una mayor comprensión de los		<p>Darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior.</p> <p>Describir los procedimientos para llevar a cabo periódicamente la evaluación de la condición global de los pavimentos de una manera expedita</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Con la implementación de los procesos y la aplicación y seguimiento de los procedimientos de un sistema de administración de pavimentos, la red vial contará con una conservación y mantenimiento que le permitirá operar en condiciones de servicio aceptable y de una manera más funcional y ordenada, todo en beneficio de los usuarios y del desarrollo de la misma ciudad de Mazatlán.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Los cálculos, representativos de situaciones reales, permiten afirmar que el gasto adicional por kilómetro, debido a la ausencia de una conservación eficaz (ausencia de conservación o conservación inadecuada), cubre con suficiencia los montos necesarios para mantener índices de servicio altos (rugosidades bajas), por periodos de tiempo razonablemente prolongados. En otras palabras, un supuesto ahorro aplicando acciones de conservación baratas, que no atacan los problemas de raíz, pero que alcanzan para "hacer algo" en el mayor número de kilómetros, costaría varios millones de pesos al País, por el costo adicional de operación que significa para los usuarios recorrer caminos que rápidamente alcanzarían índices de servicio bajos (rugosidades altas).				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

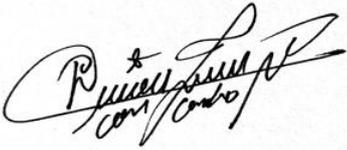
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	22
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico Asshto 93 y shell para determinar la vida útil del pavimento</b>			
<b>Autor</b>	<b>Mendoza Torres Edgar Sebastián</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2019</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>En la presente tesis se propuso utilizar el método mecanicista SHELL como un complemento al método empírico mecanicista AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials), con el fin de determinar la vida útil del pavimento mediante la relación existente entre los parámetros de diseño de ambos métodos.</p> <p>La investigación fue de tipo aplicada, tuvo un enfoque cuantitativo, y fue de nivel explicativo y correlacional. Se utilizó el método inductivo y el diseño experimental al aplicarlo en la Vía Evitamiento Juliaca, donde se realizó la recopilación de datos de campo y posteriormente se procesó la información para determinar los parámetros de diseño de la vía.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinar la relación que existe entre el método empírico – mecanicista AASHTO 93 y el método mecanicista SHELL para determinar la vida útil del pavimento.		Identificar los parámetros de diseño del método AASHTO 93 para el cálculo del Número Estructural del pavimento. Identificar los parámetros de diseño del método SHELL para el cálculo de deformaciones del pavimento. Analizar la relación existente entre los parámetros de diseño del método AASHTO 93 y del método SHELL para determinar si son complementarios.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El método empírico – mecanicista AASHTO 93 permite aproximar un diseño y el método mecanicista SHELL establece el comportamiento para asegurar la vida útil.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
Se concluyó que al identificar los parámetros de diseño del método AASHTO 93, se calcula el número estructural. Con los parámetros de AASHTO 93, como tráfico, parámetros estadísticos, parámetros de serviciabilidad, calidad de drenaje y propiedades de las capas del pavimento; al aplicarlos en la metodología de diseño, se puede calcular la capacidad estructural requerida para el diseño del pavimento flexible, representado numéricamente como el número estructural.				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	23
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de la estructura del pavimento flexible, para la construcción de pistas en la calle real del C.P. Santa Rosa, Distrito de Pueblo Nuevo - Chepen - La Libertad.</b>			
<b>Autor</b>	<b>Cabanillas Hualpa Gerson Yeampier &amp; Rodríguez Chalan Noe David</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2021</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La presente investigación tuvo por objetivo determinar el diseño del pavimento flexible para la calle Real del C.P. Santa Rosa - Pueblo Nuevo – Chepén 2020, la metodología fue aplicada, descriptiva, la muestra fue las 4 cuadras de la Calle Real del C.P. Santa Rosa, distrito de Pueblo Nuevo · Chepén · La Libertad. Se utilizó los procedimientos, técnicas y métodos de la Guía AASHTO – 1993. Los resultados nos permiten concluir: Respecto al estudio topográfico de calle Real del C.P. Santa Rosa, este permitió definir el recorrido del pavimento, el nivel de la sub rasante, el material (E-1) deberá ser retirado convenientemente antes de la colocación de las capas del pavimento mediante un proceso de escarificado, control de humedad, perfilado y compactado, por lo menos al 95% de la máxima densidad</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Determinar cuál es el diseño más adecuado del pavimento flexible para la calle Real del C.P. Santa Rosa - Pueblo Nuevo – Chepén 2020		Realizar el Estudio de suelos de la calle Real del C.P. Santa Rosa - Pueblo Nuevo – Chepén para determinar ciertos valores importantes en el cálculo del diseño de pavimento.  Realizar el cálculo estructural del pavimento flexible para la calle Real del C.P. Santa Rosa		
<b>HIPÓTESIS</b>				
Existe un diseño adecuado del pavimento flexible a colocar en la calle Real del C.P. Santa Rosa – Pueblo Nuevo – Chepén 2020.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>➤ Respecto a la realización del Estudio de suelos en base a la Norma Técnica E-050 encontrando que 1) la estratigrafía de manera general corresponde a Gravas con arenas pobremente mal graduadas sin plasticidad, la zona de sismicidad N°4, se concluye utilizar los resultados de la Calicata N° 5 por ser la más baja en calidad de soporte (CBR): SUCS (SP), AASHTO (A-2-4 (0)), OCH (8.00%), MDS (1.749gr/cm3), CBR al 95% de la máxima densidad seca (12.50%). Respecto a los parámetros sismo resistentes estos se determinaron así: a) Zonificación: Zona 4; Factor Zona (Z): 0.45; b) Tipo de Suelo: S2 (suelo intermedio); c) Periodo de Vibración del Suelo (Tp): 0.60 seg; d) Factor de Amplificación del Suelo (S): 1.05; e) Uso (U): 1.30; f) Coeficiente Módulo de Poisson (u): 0.30 y g) Coeficiente Modulo de elasticidad (E): 500.00 Kg./cm2. ➤</p> <p>Respecto al estudio de tráfico, los resultados obtenidos llevaron a un IMD de 500 y un W18 igual a 1123827.34.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>24</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño de pavimento flexible poroso como alternativa de drenabilidad pluvial en el pueblo de Canta - Lima			
<b>Autor</b>	Catherine Sara Cantoral Delgadillo & Lyonel Marin Tirado			
<b>AÑO</b>	2021			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La presente investigación tiene el fin principal de realizar el diseño de un pavimento flexible poroso para examinar su aporte como alternativa para mejorar la drenabilidad pluvial en el pueblo de Canta-Lima, para esto se utilizó un asfalto PEN 85/100 con mejorador de adherencia REDICOTE 82-S, agregados granulares de la "Cantera Chillón". La investigación es del tipo experimental con un alcance Explicativa- Correlacional. Se analizaron 45 briquetas, 15 briquetas para estabilidad Marshall, 15 briquetas para el ensayo de pérdida por desgaste de Cántabro en estado seco y 15 briquetas para el ensayo de pérdida por desgaste de Cántabro en estado húmedo. Con ello se obtuvo que el porcentaje óptimo de asfalto es 4.5%, obteniendo valores de 706 Kg de Estabilidad corregida, 18.93% de pérdida por desgaste en Cántabro seco y 32.61% de pérdida por desgaste de Cántabro húmedo. Por último, se hizo un estudio hidrológico, encontrando que caudal de escorrentía superficial en un pavimento flexible tradicional es de 37.55 m<sup>3</sup>/h; sin embargo, en un pavimento.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Realizar el diseño del pavimento flexible poroso para examinar su aporte como alternativa para mejorar la drenabilidad pluvial en el pueblo de Canta-Lima.		Justificar que el pavimento flexible poroso contribuye en la mejora de la adherencia de partículas y su resistencia, reduciendo el desgaste.		
		Determinar que el pavimento flexible poroso poseerá una correcta permeabilidad ayudando en la drenabilidad pluvial.		
		Comprobar mediante el ensayo de estabilidad Marshall la estabilidad		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño del pavimento flexible poroso es una alternativa factible que mejoraría en gran medida la drenabilidad pluvial en el pueblo de Canta-Lima. 2021.				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Usando los agregados recolectados de la Cantera del Chillón, se determinó el contenido óptimo de asfalto a usar en las mezclas asfálticas, por lo cual revisado los resultados de los diversos ensayos se concluyó que el contenido óptimo es de 4.5%.</p> <p>* Por medio del ensayo de Cántabro de pérdida por desgaste, se pudo determinar que para el estado seco el porcentaje de pérdida fue de 18.93%, valor menor al 25% según lo establecido por la norma EG-2013 y que para el estado húmedo se obtuvo un valor de 32.61%, menor al 40% normado. Por lo cual se concluye que lo que respecta a la resistencia al desgaste cumple lo especificado en la norma.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>25</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite, Huancavelica - 2017</b>			
<b>Autor</b>	<b>Escobar Bellido Luis &amp; Huncho Ochoa, Jesús</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2017</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El presente trabajo de investigación realiza el análisis y evaluación del desempeño estructural del pavimento flexible mediante la aplicación de una de las variables obtenidas en laboratorio y el cálculo por medio de las ecuaciones de AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO. Esta dentro de los parámetros de diseño según la norma peruana del MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. El problema de investigación fue el analizar la influencia de los parámetros para un análisis de la estructura del pavimento debido a las fallas en la superficie de rodadura de la carpeta asfáltica. Es por ello desarrollar la investigación en el área de infraestructuras viales y de esta manera poder preservar la vida útil del pavimento. El problema, por otro lado, surge por la inquietud de porque el pavimento muestra una baja serviciabilidad de la carpeta asfáltica.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
<p>Determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en SANTA ROSA -SACHAPITE HUANCAVELICA – 2017.</p>		<p>Determinar el índice medio diario para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en SANTA ROSA-SACHAPITE HUANCAVELICA – 2017</p>		
		<p>Determinar la vida útil del pavimento flexible para diseñar y evitar el deterioro prematuro para SANTA ROSA</p>		
<b>HIPÓTESIS</b>				
<p>Los parámetros de diseño influyen significativamente para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en SANTA ROSA -SACHAPITE HUANCAVELICA - 2017.</p>				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p><input type="checkbox"/> Se encontró con IMD 467 veh/día por tanto influye directamente ya que el diseño de la vía en estudio era en el año 2006 con un IMD de 275 veh/día por tanto cambia mucho en cuestiones de diseño al tomar coeficientes y valores de diseño de la carpeta asfáltica y los estudios específicos para el MANUAL DE CARRETERAS DE SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS comotambién al usar las metodologías del AASTHO 93.</p> <p><input type="checkbox"/> Según los estudios encontrados en la zona hallamos un ESAL de 2, 289,418 de ejes equivalentes para el 2006 y se encontró el espesor la carpeta asfáltica con 4 pulgadas. Y actualmente para el 2017 la carpeta asfáltica debe ser de 7 pulgadas con un ESAL de 7, 867,970 de ejes equivalentes (EE).Entonces decimos que a mayor ESAL aumenta la carpeta asfáltica requerida y menor ESAL disminuye la carpeta asfáltica de esa manera la estructura trabaja en óptimas condiciones</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	26
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Método de Diseño del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M – Pavimentos Flexibles</b>			
<b>Autor</b>	<b>Arámbulo García Benito; Guadalupe Nolasco Jesús &amp; Moreno Charmin Jerson</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2019</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El instituto de ingeniería de la UNAM, se ha basado en la tipificación de tránsito y en los coeficientes de daño de los diferentes tipos de vehículos, que pueden obtenerse a partir de las pruebas AASHTO, para obtener su propia tabla de tipificación y sus propios coeficientes de daño. Con base en experiencias realizadas en la pista circular de pruebas y en el estudio de comportamientos en tramos experimentales que la propia institución controla en diversos puntos de la red mexicana de carreteras, el instituto diversificó un tanto la evaluación de daños producidos por los diferentes vehículos en los pavimentos, distinguiéndolos en profundidades de 0, 15, 22.5 y 30 cm.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseño de un modelo de pavimento por el método de diseño del instituto de la ingeniería de la unam		Determinar sus variables de diseño		
		determinar sus espesores de cada capa que conforma el pavimento flexible		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño de un modelo de pavimento por el método de diseño del instituto de la ingeniería de la unam				
<b>CONCLUSIONES</b>				
* Se determinaron sus variables de diseño del pavimento		* Se		
determinaron sus espesores de cada capa que conforma el pavimento flexible				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>27</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño estructural del pavimento flexible utilizando método Aashto 93 en las calles I y J de la cuarta etaoa del C. H. Micaeka vastudas - Piura</b>			
<b>Autor</b>	<b>Giancarlo Terrones Campos</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2018</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad diseñar el paquete estructural del pavimento flexible de las calles principales del conjunto habitacional Micaela Bastidas las cuales son la "Calle I" y la "Calle J" haciendo uso de la metodología AASHTO 93, teniendo en cuenta las características del trafico actual de estas calles así como también del suelo de la zona. Al usar aprendizajes teóricos del manual de diseño de pavimento flexible por el método AASHTO93 esta investigación es de tipo aplicado ya que también se realizaron estudios de suelos en el laboratorio. La muestra para esta investigación ha sido la 4ta etapa del C.H: Micaela Bastidas, también se realizaron estudios del tráfico de las calles I y J para lo cual se usaron 2 estaciones, una en cada calle, con lo cual se pudo obtener los tipos de vehículos que transitan por ellas así como también la cargas que estos ejercen, obteniendo de esta manera el número de repeticiones</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar la estructura del pavimento flexible UTILIZANDO EL MÉTODO AASHTO 93 para las Calles I y J de la Cuarta Etapa del Conjunto Habitacional Micaela Bastidas – Piura.		Determinar las cargas de transitabilidad en las Calles I y J de la Cuarta Etapa del Conjunto Habitacional Micaela Bastidas – Piura.		
		Determinar los espesores a utilizar en el paquete estructural del pavimento flexible en las Calles I y J de la Cuarta Etapa del Conjunto Habitacional Micaela Bastidas – Piura.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño estructural del pavimento flexible utilizando método Aashto 93 en las calles I y J de la cuarta etaoa del C. H. Micaeka vastudas - Piura				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Habiendo utilizado el método AASHTO 93 para realizar el diseño de las Calles I y J se obtuvo como factores de ejes equivalentes de 8.2t (EE) para un periodo de 20 años los siguiente valores: Calle I = 4,193,740.56 EE y Calle J = 6,023,281.86.          * El pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> <b>Responsable de la ficha.</b>		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> <b>Asesor.</b>		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>28</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología Aashto 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro , en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La libertad			
<b>Autor</b>	Castro Salazar, Marialusia & Medrano Alfaro, Anthony Albert			
<b>AÑO</b>	2021			
<b>RESUMEN</b>				
<p>La presente investigación titulada "Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología ASSHTO 93 y la transitabilidad de la Calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad", tuvo como objetivo general establecer las características del Diseño Estructural de Pavimento Flexible aplicando la Metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad. Metodológicamente fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal; la población de estudio estuvo conformada por todas las vías pavimentadas ubicadas en el distrito de Jequetepeque, con una muestra conformada por toda la vía de pavimento flexible de la calle San Pedro</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Establecer las características del Diseño Estructural de Pavimento Flexible aplicando la Metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad.		Realizar el levantamiento topográfico		
		Elaborar el estudio de mecánica de suelo.		
		Recopilar datos para el estudio de la transitabilidad de la calle San Pedro		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño estructural de pavimento flexible según la metodología Aashto 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro , en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La libertad				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>– En base al análisis de levantamiento topográfico, se estableció que el área del terreno presenta características accidentadas siendo de tipo 3, donde se evidencia pendientes de longitud que se ubican entre el 3% al 6%.</p> <p>– En base a los análisis básicos, con el estudio de Mecánicas de suelo, se identificaron que la composición del suelo según el Sistema AASHTO son suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión, y según el sistema SUCS son arcillas y estableciendo un CBR (Californian Bearing Ratio) de 9,00%.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>29</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	<b>Diseño de pavimentación flexible por el método de la ingeniería de la UNAM</b>			
<b>Autor</b>	<b>Miguel Sanchez Neja</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2012</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>El presente informe se presenta la versión más reciente del criterio de diseño estructural desarrollado por los autores, en el instituto de Ingeniería de la UNAM. Los conceptos empleados en las versiones anteriores, han demostrado ser compatibles con el trabajo actual que amplía la información actualizada sobre comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas típicas del país. Para simplificar el empleo del método de diseño se utilizará un programa interactivo de cómputo, DISPAV V-5 diseño de pavimento, empleando secciones estructurales hasta de cinco capas lo cual significa mucho el empleo del diseño del método ya que incorpora el cálculo por deformación permanente.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar una estructura de pavimento flexible por el método de la ingeniería de la UNAM.		Hacer uso del programa Dispa V-5		
		Definir sus parámetros de diseño del método de la ingeniería de la UNAM		
		Hacer cálculos en las cinco capas del pavimento flexible		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño de pavimentación flexible por el método de la ingeniería de la UNAM				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* Se diseñó una estructura de pavimento flexible por el método de la ingeniería de la UNAM. *</p> <p>Definir sus parámetros de diseño del método de la ingeniería de la UNAM</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - SEDE CAJAMARCA CAJAMARCA</b>			
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL</b>			
	<b>ANEXO 1</b>			
	<b>FICHA:</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIONES</b>	<b>N° DE FICHA</b>	<b>30</b>
	<b>TESIS:</b>	Determinación del método más frecuente para el diseño de pavimentos flexibles según los diferentes parámetros de diseño a partir de estudios realizados en Perú- Cajamarca 2022"		
<b>TESISTA:</b>	Efrain Leodan Leiva Cercado			
<b>ASESOR:</b>	Ing. Carlos Elder Calua Carrasco			
<b>FICHA DE RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>				
<b>DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>Título de la investigación</b>	Diseño de pavimento flexible aplicando el método Aashto 93 para mejorar la transitabilidad en el centro poblado Ramiro Prialé, Distrito de José Leonardo Ortiz Provincia de Chiclayo- departamento de Lambayeque			
<b>Autor</b>	<b>Oscar Aldo Gonzales Acosta &amp; Danny Maykol Manay Briones</b>			
<b>AÑO</b>	<b>2020</b>			
<b>RESUMEN</b>				
<p>En el departamento de Lambayeque, la infraestructura vial cuenta con tres niveles: la red vial nacional, la departamental y la vecinal. El mapa estadístico de la infraestructura de transporte de la plataforma digital del Estado Peruano, publicado en noviembre del 2019, identifica que a nivel vecinal existen 2056.6 Km de vía y solo el 27.6 Km están pavimentadas, lo cual demuestra el poco avance en el desarrollo de una infraestructura vial. En esta investigación, se promueve la elaboración de un diseño de pavimento flexible, destinado al Centro poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz, conforme a las necesidades de su población. Como metodología se utilizó AASHTO 93 y se realizaron investigaciones, a fin de mejorar la transitabilidad del centro poblado Ramiro Prialé, distrito de JLO –provincia de Chiclayo, Lambayeque. El propósito de la investigación incluye el estudio del tráfico, del terreno, la investigación del suelo y el cálculo del espesor de las diferentes capas, utilizadas para formar un pavimento flexible.</p>				
<b>OBJETIVO GENERAL</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Diseñar el pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93, para mejorar la transitabilidad del centro poblado Ramiro Prialé, Distrito de José Leonardo Ortiz – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque.		Elaborar el estudio de tráfico para mejorar la transitabilidad del centro poblado Ramiro Prialé		
		Elaborar el estudio de suelos del centro poblado Ramiro Prialé, para mejorar la transitabilidad del centro poblado Ramiro Prialé - Distrito de José Leonardo Ortiz.		
<b>HIPÓTESIS</b>				
El diseño del pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93, permite mejorar la transitabilidad del centro poblado Ramiro Prialé, distrito de José Leonardo Ortiz- Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque				
<b>CONCLUSIONES</b>				
<p>* La ejecución del diseño de pavimentos en el Centro Poblado Ramiro Prialé es de suma importancia debido a que beneficiara en la construcción de las vías de todo el centro poblado resolviendo los problemas de transitabilidad *</p> <p>En el estudio de tránsito realizado por el Centro Poblado Ramiro Prialé, se obtiene un índice semanal promedio de 3204 vehículos por día, el índice diario anual promedio es de 3258 vehículos por día, se obtiene un factor de Cargas Equivalentes por eje (ESAL) de 16 624 751 KN.</p>				
 <hr/> <b>Efrain Leodan Leiva Cercado</b> Responsable de la ficha.		 <hr/> <b>Ing. Carlos Elder Calua Carrasco</b> Asesor.		

**ANEXO N°4 MANUAL DE  
APLICACIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES POR EL METODO  
AASHTO 93**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL



---

“MANUAL DE APLICACIÓN PARA EL DISEÑO  
DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL  
MÉTODO AASHTO – 93 Y SU PROCESO  
CONSTRUCTIVO DE ACUERDO A LAS  
ESPECIFICACIONES DE LA NORMA TÉCNICA  
PERUANA”

Leiva Cercado Efrain Leodan

Cajamarca- Perú

2022

## ÍNDICE

GENERALIDADES .....	133
COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	133
PARÁMETROS DE DISEÑO .....	134
MÓDULO DE RESILIENCIA.....	136
PERIODO DE DISEÑO .....	137
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANÁLISIS DE TRÁFICO .....	139
TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
TASA DE CRECIMIENTO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FACTOR DE CRECIMIENTO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
TRÁNSITO EQUIVALENTE.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FACTOR CAMIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
EJEMPLO DE APLICACIÓN 1 .....	146
EJEMPLO DE APLICACIÓN 2 .....	148
COEFICIENTE DE DRENAJE.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL .....	152
ESPESORES MÍNIMOS EN FUNCION DEL SN.....	160
EJEMPLO DE APLICACIÓN 3 .....	175
EJMOPLO DE APLICACIÓN 4.....	178
EJEMPLO DE APLICACIÓN 5 .....	186
Guia de proceso constructivo para los pavimentos flexibles .....	192

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura típica de un pavimento flexible.....	133
Figura 2 Ábaco para la determinación del daño relativo.....	135
Figura 3 Modelos de crecimiento .....	141
Figura 4 Ábaco de diseño Aashto para pavimentos flexibles.....	153
Figura 5 Ábaco para la estimación del número estructural a1 .....	155
Figura 6 Ábaco para la estimación del número estructural a2 .....	156
Figura 7 Ábaco para la estimación del número estructural a3 .....	157
Figura 8 Ábaco para la estimación del número estructural de la capa base .....	158
Figura 9 Ábaco para la estimación del número estructural de la capa sub base.....	159
Figura 10 Espesores en función al SN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 11 Escarificación de la superficie de la subrasante.....	193
Figura 12 Humectación de la superficie de la subrasante .....	194
Figura 13 Aireación de la superficie de la subrasante .....	194
Figura 14 compactación de la superficies de la subrasante .....	195
Figura 15 Volquete aprobado en Perú para el transporte de material .....	196
Figura 16 Extención del material de la subbase .....	197
Figura 17 ECompactación de la superficie de la base con rodillo vibratorio.....	199
Figura 18 Especificaciones de los cementos asfálticos .....	200
Figura 19 Especificaciones para asfáltos líquidos.....	201
Figura 20 Riego de imprimación.....	202
Figura 21 Transporte de la mezcla asfáltica .....	203
Figura 22 Extención de la mezcla asfáltica .....	203
Figura 23 Compactación de la mezcla asfáltica .....	205

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados obtenidos de laboratorio .....	136
Tabla 2 Periodo de diseño en función del tipo de carretera13; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 3 Índice de serviciabilidad y su clasificación .....	138
Tabla 4 Factor de crecimiento .....	143
Tabla 5 Factor de distribución por carril .....	144
Tabla 6 Ejemplo según los factores analizados .....	146
Tabla 7 Ejemplo con valores recomendados .....	148
Tabla 8 Valores del nivel de confianza R.....	14; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 9 Factor de desviación normal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 10 Capacidad de drenaje.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 11 Valores “mi” para modificar los coef. estructurales; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 12 Espesores mínimos en pulgadas en función a los ejes equivalentes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 13 Factores equivalentes de carga ejes simples ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 14 Factores equivalentes de carga ejes tridem ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 15 Factores equivalentes de carga ejes simples 2.5; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 16 Factores equivalentes de carga ejes tandem ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 17 Factores equivalentes de carga ejes tridem 2.5	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 18 Factores equivalentes de carga ejes simples 3.0.....	170
Tabla 19 Factores equivalentes de carga ejes tandem 3.0; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 20 Factores equivalentes de carga ejes tridem 3.0	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Tabla 21 Propiedades de los materiales..... **¡Error! Marcador no definido.**

## GENERALIDADES

En este manual se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país por lo que un pavimento flexible es una estructura puesta sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una capa de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática, para esto según el manual de carreteras **DG 2018** (p.14) la guía de diseño Aashto de 1993 indirectamente usa procedimientos mecanístico para evaluar el deterioro debido al clima. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.

Según UMSS (facultad de ciencias y tecnología, 2012), la Ingeniería de Pavimentos flexibles tiene por objetivo el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la gerencia de estos, de tal modo que las funciones sean desempeñadas con el menor costo para la sociedad. Tratándose, esencialmente de una actividad multidisciplinaria donde están involucrados conceptos y técnicas de las Ingenierías: Geotecnia, de Estructuras, de Materiales, de Transportes y de Sistemas, en vista de la importancia se debe estimar y efectuar el mantenimiento de pavimentos existentes.

El Manual presenta metodologías de diseño para afirmados y para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos. Las metodologías de diseño que se incorporan al Manual tienen como referencia principal a AASHTO Guide for Design of Pavements

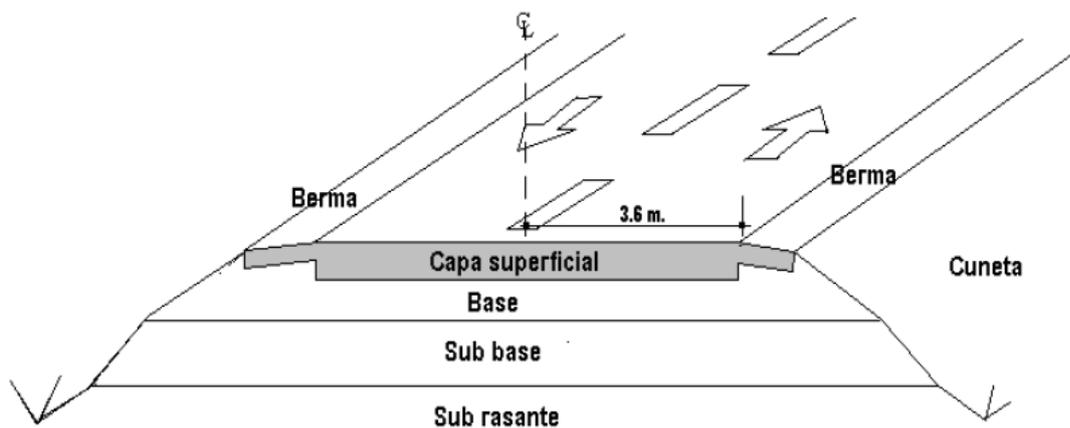
Structures – 1993. Actualmente esta Guía AASHTO es comúnmente usada en el diseño de Pavimentos en el Perú como lo es también en otros países del mundo. El Manual incorpora además aspectos de la práctica en el Perú y de otros países. (Manual de carreteras DG 2018)

## COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

A continuación, se visualiza en la figura número 1 los componentes de un pavimento flexible que conforman esta dicha estructura.

### Figura 1

*Estructura típica de un pavimento flexible*



*Nota:* fuente Monsalve, 2015

## FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE:

**SUBBASE:** Una subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los materiales finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad, así mismo la subbase disminuye las deformaciones en la capa asfáltica aportando resistencia a la misma.

**BASE:** La función fundamental y vital de la base de un pavimento flexible consiste en proporcionar resistencia que transmita a la subbase y a la subrasante respectivamente los esfuerzos producidos por el tránsito.

**CAPA DE RODADURA:** La capa o carpeta de rodadura debe proporcionar una superficie uniforme y estable y resistente a los efectos erosivos del tránsito, así mismo esta debe brindar resistencia e impermeabilidad para impedir el paso del agua las capas inferiores.

### **PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO MÉTODO AASHTO-93.**

Según la metodología AASHTO-93 el diseño para el pavimento flexible está basado en la determinación del número estructural (SN) que este debe soportar el nivel de carga que exige el proyecto. A continuación, se describe las variables que se consideran en el método y también se presentan los parámetros de diseño más favorables para una pavimentación flexible.

### **PARÁMETROS DE DISEÑO.**

Para el diseño de los pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios, estos deben ser resultantes de los ensayos realizados en el laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad (R).

En el transcurso del año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la capa subrasante, las cuales producen transformaciones en la firmeza del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo de resiliencia. Por ello se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los efectos se divide el año en ciclos en los cuales el MR es constante. Para cada valor

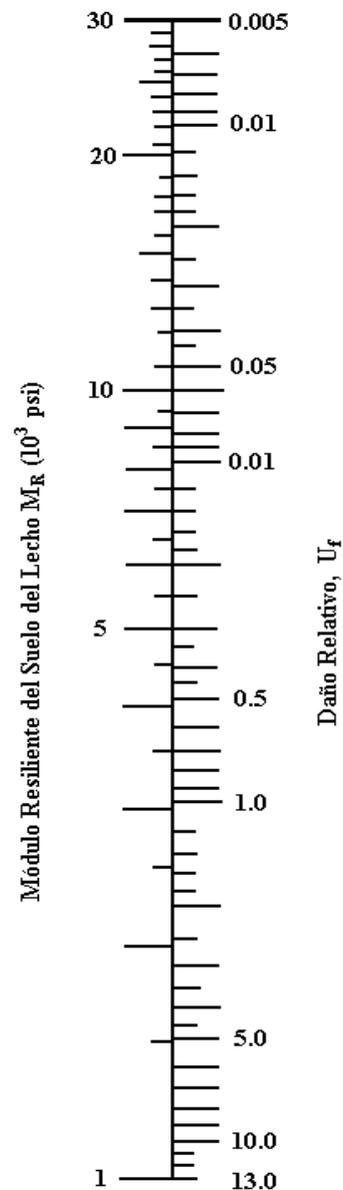
de ( $M_R$ ) se establece el valor del daño relativo, utilizando el ábaco de la Figura 2 ó igualmente se puede hacer uso de la siguiente expresión:

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 * M_R^{-2,32}$$

**Figura 2:**

*Abaco para la determinación del daño relativo*

Mes	Módulo Resiliente Suelo $M_R$ (psi)	Daño Relativo $U_f$
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Sumatoria: $\Sigma U_f =$		



Promedio:  $\bar{U}_f = \frac{\Sigma U_f}{n} = \text{-----}$

Fuente: Monsalve (2012)

El valor del promedio anual se obtiene con los resultados de los daños relativos.

El módulo de resiliencia que pertenezca al ( $U_f$ ) promedio viene hacer el valor que se debe utilizar para el diseño. si es que fuera el caso de no poder obtener esta información se puede estimar el valor del MR en función del CBR.

## **CLIMA**

(Manual de carreteras: suelos, geotecnia y pavimentos 2014) En el territorio peruano se distinguen tres Regiones Naturales: la Costa de clima mediatizado y sin lluvias, la Sierra de temperaturas más marcadas en mínimos y máximos con lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas bastante altas y lluvias muy fuertes. Una subregión en la costa norte es calurosa por ser parte de la zona ecuatorial y en el caso peruano con esporádicas presencias de lluvias tropicales cuando se presenta el Fenómeno del Niño.

## **ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL DE TRÁNSITO (IMDA)**

Según el (Ministerio de transportes y comunicaciones 2008). En los estudios del tránsito se puede tratar de dos situaciones: el caso de los estudios para carreteras existentes, y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente. En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique. La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país. Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección Se puede calcular el

crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

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

Donde:

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

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

n = Años del período de diseño.

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

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera. La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

## **MÓDULO DE RESILIENCIA**

Con los valores del (CBR) se pueden obtener los módulos de resiliencia haciendo uso de las relaciones a continuación:

(1) CBR < 15% (Shell)

$MR$  (MPa) = 10 CBR  $K$  = Tiene una dispersión de valores de 4 a 25

$MR$  (psi) = 1500 CBR  $K$  = Tiene una dispersión de valores de 750 a 3000

(2)  $MR$  (MPa) = 17,6 CBR<sup>0,64</sup> (Powell et al)

El método de diseño del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las siguientes relaciones como se muestra en la tabla número 1:

**Tabla 1**

*Resultados obtenidos de laboratorio en 1982 por el instituto del asfalto.*

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>% CBR</b>	<b>MR en (psi)</b>
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo - arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

*Fuente:* Anguas, 2012

## **PERIODO DE DISEÑO**

Según el manual de carreteras DG 2018. El Período de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, período de diseños por dos etapas de 10 años y período de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el período de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

**Tabla 2:**

*Periodo de diseño en función del tipo de carretera*

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Periodo de Diseño (Años)</b>
--------------------------	---------------------------------

Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

*Fuente:* Rattia, 2013

### ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD.

Este parámetro viene hacer la condición necesaria de un pavimento flexible para proveer a los usuarios mayor seguridad 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.

**Tabla 3**

*Índice de serviciabilidad y su clasificación.*

Índice de Serviciabilidad ( <i>PSI</i> )	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

*Fuente:* Salazar, 2012

Actualmente, una evaluación más objetiva y más concisa de este índice se realiza mediante una ecuación basada en el inventariado de fallas del pavimento:

$$P = 5.03 - 1.91 \cdot \text{LOG}[1 + s_v] - 0.01 \cdot [C_f + P]^{0.5} - 1.38 \cdot \text{RD}^2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$SV$  = Variación de las cotas de la rasante en sentido longitudinal en relación a la rasante inicial (Rugosidad en sentido longitudinal).

$C_f$  = Suma de las áreas fisuradas en pies<sup>2</sup> y de las grietas longitudinales y transversales en pies lineales, por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento.

$P$  = Viene hacer el área bacheada en pies<sup>2</sup> por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento.

$RD$  = Es profundidad media de ahuellamiento en pulgadas. Donde esta mide la rugosidad transversal.

Se debe tener en consideración que antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final respectivamente, donde el índice de servicio inicial  $va$  a depender del diseño y de la calidad de la construcción. Por lo que, en los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de  $po = 4,2$  respectivamente.

Por otro lado, el índice de servicio final representa al índice más bajo apto de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. Los valores asumidos dependen mucho de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, además se sugiere que para carreteras de mayor tránsito se debe tomar un valor de  $pt \geq 2,5$  y para carreteras de menor tránsito  $pt = 2,0$ .

## **PÉRDIDA O DISMINUCIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD.**

Los valores que fueron anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de

servicio de la carretera, origen del deterioro del pavimento. Por lo tanto, tenemos:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t$$

donde:

$PSI$  = Índice de Servicio Presente.

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado.

$p_0$  = Índice de servicio inicial.

$p_t$  = Índice de servicio final.

## ANÁLISIS DE TRÁFICO.

Sabemos que el tráfico viene hacer uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos flexibles, para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, partiendo de un tráfico inicial medido en el campo mediante aforos, así mismo el número y composición de los ejes se determina a partir de la siguiente información: Periodo de diseño, Distribución de ejes solicitantes en cada rango de cargas, Tránsito medio diario anual de todos los vehículos TMDA o TPDA, Tasas de crecimiento anuales de cada tipo de vehículo, Sentido del tráfico, Número de carriles por sentido de tráfico, Porcentaje del tránsito sobre el carril más solicitado, Índice de serviciabilidad y por ultimo Factores de equivalencia de carga.

### TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL:

El "TMDA" (Transito medio diario anual) viene a representar el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito aforados durante un año, en diferentes formas para cada tipo de vehículo.

## CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS:

A continuación, una lista de los diferentes tipos de vehículos:

- Automóviles.
- Camionetas.
- Buses.
- Camiones de dos ejes.
- Camiones de más de dos ejes.
- Remolques.
- Semiremolques.

## TASA DE CRECIMIENTO

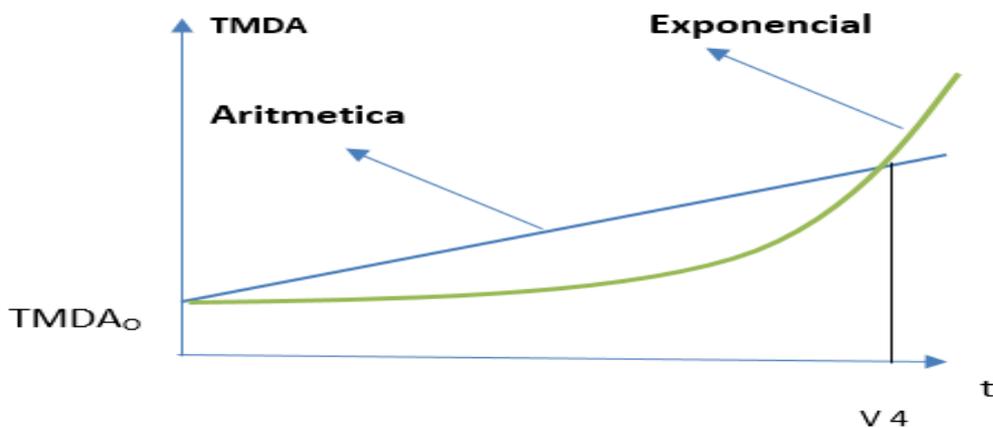
Definitivamente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo donde estas representan el crecimiento promedio anual del TMDA.

## PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

El tránsito puede proyectarse en el tiempo en forma aritmética con un crecimiento constante o exponencial mediante incrementos anuales.

### Figura 3

*Modelos de crecimiento*



Fuente: Ñaupas 2013

En el gráfico anterior se observa que la proyección aritmética donde supone un crecimiento más rápido que la exponencial en el corto plazo y se subestima el tránsito en el largo plazo, así mismo la curva se ajusta mejor al tránsito generado por una carretera en base a las estadísticas.

## FACTOR DE CRECIMIENTO

La forma más sencilla de encontrar el factor de crecimiento (FC) es adoptar una tasa de crecimiento anual y utilizar el promedio del tráfico al principio y al final del periodo de diseño por tanto se presenta la siguiente ecuación:

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

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento anual en decimales

$P$  = periodo de diseño en años.

La Asociación del Cemento Portland utiliza el tráfico a la mitad del periodo de diseño:

$$FC = (1 + r)^{0.5*P}$$

La metodología AASHTO-93 recomienda calcular el factor de crecimiento (FC) para el tráfico de todo el periodo de diseño:

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

A continuación, se presentan los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño, donde se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la metodología AASHTO-93

**Tabla 4**
*Factores de Crecimiento.*

	Tasa de crecimiento anual, g en porcentaje								
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10	
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10	
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31	
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64	
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11	
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72	
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49	
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44	
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58	
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94	
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53	
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38	
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52	
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97	
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77	
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95	
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55	
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60	
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16	
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28	
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35	
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49	
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02	

*Fuente:* Salazar, 1998.

## DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL.

En la distribución direccional si existe condiciones especiales se puede considerar diferente a lo habitual donde se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección, por lo que en algunos casos puede variar de 0,3 a 0,7 todo esto dependiendo de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.

## FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL

En las carreteras de dos carriles, el carril de diseño es uno de ellos, por lo que, el factor de distribución por carril es 100%. Para autopistas de 3 a más carriles, el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. En la tabla siguiente se muestran los valores utilizados por la metodología de diseño AASHTO-93:

**Tabla 5:**

*Factor de distribución por carril*

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

*Fuente:* Salazar, 1998

## TRÁNSITO EQUIVALENTE

Los resultados obtenidos por el método de diseño AASHTO-93 en sus tramos de prueba mostraron que el daño que estas producen puede representarse mediante un número equivalente de pasadas de un eje simple patrón de rueda doble de 18 kips (80 kN u 8,2 Ton.) que producirá un daño similar a toda la composición del tráfico.

## FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA (FEC)

El factor equivalente de carga (FEC) viene hacer un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad y la producida por el eje patrón de 18 kips.

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI}{N^{\circ} \text{ de ejes } X \text{ kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Por ejemplo, para producir en un pavimento flexible con un *número estructural de 4"* y una disminución de serviciabilidad de 4,2 hasta 2,5 esta requiere la repetición de 100000 ejes simples de 18 kips, o la repetición de 14706 ejes simples de 30 kips. Por tanto, para este caso de efectúa la siguiente ecuación matemática:

$$LEF = \frac{100000}{14706} = 6.8 \quad (\text{Ecuación 3})$$

De tal manera los factores equivalentes de carga de la metodología AASHTO-93 están tabulados en función de 4 parámetros: tipo de eje (simple, tándem, trídem), índice de serviciabilidad final (2, 2,5 y 3), carga por eje, y número estructural del pavimento (de 1 hasta 6")

## FACTOR DE CAMIÓN

Para poder expresar el daño que produce el tráfico en las vías, se dice que en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo, Además de este criterio nace el concepto de Factor Camión, que es definido como el número de ESAL's todo esto por número de vehículo. Este factor puede ser determinado dependiendo para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico existente.

$$\text{Factor de Camión} = TF = \frac{N^{\circ} \text{ ESALs}}{N^{\circ} \text{ de camiones}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Se ha demostrado en diferentes estudios que el eje delantero tiene una mínima influencia en el daño producido en el pavimento flexible, por ejemplo, en el ahuellamiento, la fisuración y la pérdida de serviciabilidad su participación varía entre

0,13% al 2,1 %. Por este motivo el eje delantero donde no está incluido en los factores de equivalencia de carga, lo cual no afecta casi en nada a la exactitud del cálculo.

### EJEMPLO DE APLICACIÓN 1

Para ello a continuación presentamos un ejemplo práctico con datos más usuales donde tenemos:  $P_t = 2,5$  y  $SN = 4$ "

**Tabla 6:**

*Ejemplo según los factores analizados*

TIPO DE VEHÍCULO	Carga por eje (Kips)	Tipo de Eje	Volumen de Tráfico Diario	Nº de ejes	Nº de LEFs	Nº de ESALs
Automóviles, vagonetas, otros livianos	4	Simple	850	850	0,003	2,6
Microbuses, camión pequeño	10	Simple	440	440	0,102	45
Bus y camión mediano	16	Simple	260	260	0,645	168
Bus grande	34	Tándem	230	230	1,110	255
Camión Semirremolque	36	Tándem	240	480	1,380	662
Camión Semirremolque	48	Trídem	196	588	1,069	629
<b>TOTALES</b>			<b>2216</b>	<b>2848</b>		<b>1532</b>

Fuente: Castro, 2007

$$\text{Factor de Camión} = TF = \frac{1532}{2216} = 0.69 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Utilizando la ecuación siguiente: Para el cálculo del tránsito, el método considera los ejes equivalentes simples de 18 kips (8,2 ton) acumulados durante el período y el carril de diseño.

$$W_{18} = F_d * F_c * \overline{W_{18}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde se tiene que:

W<sub>18</sub> = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 18 Kips (8,2 ton), en el carril de diseño.

F<sub>d</sub> = Factor de distribución direccional; (50% para la mayoría de las carreteras).

$\overline{W}_{18}$  = Ejes Equivalentes acumulados en ambas direcciones.

FC = Factor de distribución por carril. (Tabla 8.)

Por lo tanto, una vez ya calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año se deberá estimar, el total de ejes equivalentes acumulados sobre la base de la tasa de crecimiento anual y del período de diseño en años, los cuales se multiplican por el factor de camión para obtener los ESAL's de diseño.

### **NÚMERO TOTAL DE EJES SIMPLES EQUIVALENTES (ESAL's)**

El número total de ejes simples se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$ESALs' = (\sum_{i=1}^m p_i * F_i * P) * (TPD) * (FC) * F_d * F_c * 36 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde se tiene que:

p<sub>i</sub> = Porcentaje del total de repeticiones para el enésimo grupo de vehículos o cargas.

F<sub>i</sub> = Factor de equivalencia de carga por eje, del enésimo grupo de eje de carga (tablas 7, 8 y 9 respetivamente).

P = Promedio de ejes por camión pesado.

TPD = Tránsito promedio diario.

FC = Factor de crecimiento para un período de diseño en años.

F<sub>d</sub>: = Factor direccional.

FC: = Factor de distribución por carril (Tabla IV.3.)

## EJEMPLO DE APLICACIÓN 2

A continuación, presentamos un ejemplo que fue resuelto por Salazar, 2015 con los datos siguientes: periodo de diseño 20 años, tasa de crecimiento anual 2%  $Pt = 2,5 Fd = 0,5 FC = 0,8 SN = 4$ "

**Tabla 7**

*Ejemplo con valores recomendados*

Tipo de Vehículo	Carga por eje (Kips)	Tipo de eje	Volumen de tráfico diario	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor de camión TF	N° de ESALs
Automóviles, vagonetas, otros livianos	4	simple	850	24.3	7539075	0.69	5201962
Microbuses, camión pequeño	10	simple	440	24.3	3902850	0.69	2692780
Bus y camión mediano	16	simple	260		2306070	0.69	1591188
Bus grande	34	tándem	230	25.3	2039985	0.69	1407590
Camión semirremolque	36	tándem	240		2128680	0.69	1468789
Camión semirremolque	48	tándem	196	26.3	1738422	0.69	1199511
<b>TOTALES</b>			<b>2216</b>				<b>13561820</b>

*Fuente:* Salazar, 2012

$$\text{ESAL's de Diseño} = 13561820 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 5424728$$

### NIVEL DE CONFIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

El nivel de confianza es considerado también como uno de los parámetros más importantes introducidos por la metodología AASHTO-93 al diseño de pavimentos flexibles, porque establece un criterio que está sumamente relacionado con el desempeño del pavimento flexible frente a las sollicitaciones exteriores. Por lo que la confiabilidad se define como la probabilidad que el pavimento diseñado se comporte de manera

satisfactoria durante toda su vida útil.

**Tabla 8.**

*Valores Del Nivel De Confianza R De Acuerdo Al Tipo De Camino.*

<b>Tipo de Camino</b>	<b>Zonas urbanas</b>	<b>Zonas rurales</b>
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

*Fuente:* Salazar, 1998

De esta manera los errores se representan mediante una desviación estándar  $S_o$ , para poder compatibilizar los dos comportamientos. El factor de ajuste entre las dos curvas es definido como el producto de la desviación normal  $ZR$ , por la desviación estándar  $S_o$ . Los factores de desviación normal ( $ZR$ ) se muestran en la siguiente tabla obtenida de la guía de construcción de pavimentos. (Salazar, 1998)

**TABLA 9.**

*Factores de Desviación Normal*

<b>Confiabilidad</b>	<b>ZR</b>	<b>Confiabilidad</b>	<b>ZR</b>
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327

*Fuente:* Salazar, 1998

Debemos tener en cuenta que, si la construcción se va a realizar por etapas, la vida

útil ha de ser menor al periodo de análisis (vida útil menor a la del periodo de análisis), por lo que se deben considerar las confiabilidades de todo el periodo de diseño, de donde resulta que:

$$R_{\text{etapa}} = (R_{\text{total}})^{1/n} \quad \text{donde se tiene que } n = \text{número de etapas previstas}$$

Una vez ya elegido un nivel de confianza y obtenidos los resultados del diseño del pavimento flexible, éstos deberán ser debidamente corregidos por dos tipos de incertidumbre que viene hacer la confiabilidad de los parámetros de entrada, y de las propias ecuaciones de diseño basadas en los tramos de prueba. Para este fin, se considera un factor de corrección donde representa la desviación estándar, este factor evalúa los datos dispersos que configuran la curva real de comportamiento del pavimento.

El rango de desviación estándar sugerido por AASHTO se encuentra entre los siguientes valores:  $0,40 \leq S_o \leq 0,50$  ( $S_o$  = desviación estándar)

### COEFICIENTE DE DRENAJE $C_d$

El valor de este coeficiente depende de específicamente de dos parámetros: la capacidad del drenaje y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación en el transcurso del año, la metodología AASHTO-93 define esencialmente cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10.**

*Capacidad de drenaje*

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

Fuente: Castro, 2013

A si mimo, las capacidades de drenaje de la metodología AASHTO-93 establece los factores de corrección, los cuales están dados en la Tabla 11, en función del porcentaje de tiempo durante un tiempo de un año, en el cual la estructura del pavimento se ve expuesta a niveles altos de humedad próximos a la saturación.

### Tabla 11.

Valores mi para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-base sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 2%	Más del 25 %
Excelente	0 – 1,35	30	20	1,20
Bueno	5 – 1,25	15	00	1,00
Regular	5 – 1,15	05	80	0,80
Malo	5 – 1,05	80	60	0,60
Muy malo	05 – 0,95	75	5 – 0,40	0,40

Fuente: Cossi 2015

### DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL “SN”

Se debe tener en cuenta que la determinación del número estructural está basada en el cálculo sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone de la siguiente ecuación:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{4.2-1.5}(\Delta\text{PSI})}{0.40 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}M_R - 8.0 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde se tiene que:

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

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

$S_o$  = Desviación estándar

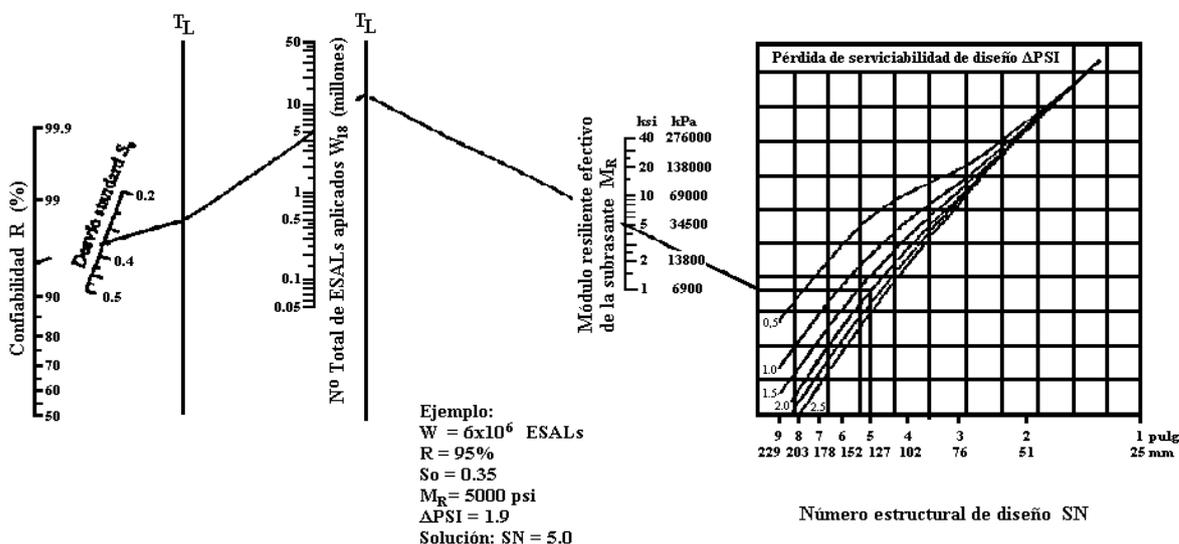
$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

$M_R$  = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

$SN$  = Número estructural

#### Figura 4

Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Nota: El ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

Una vez que el diseñador haya obtenido el Número Estructural para la sección del

pavimento flexible, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto proporcione una suficiente de capacidad de soporte estructural, equivalente al número estructural de diseño. 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:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + D_3 * m_3 \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde se tiene que:

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

$D_1$ ,  $D_2$  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 diferentes 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 respectivamente.

Los coeficientes de capa  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio, tal como se muestra en las siguientes figuras:

Para la carpeta asfáltica. (a1) Figura 5

Para las bases granulares. (a2) Figura 6

Para las sub-base granulares. (a3) Figura 7

Para las bases estabilizadas con cemento Figura 8

Para las bases estabilizadas con asfalto. Figura 9

En Tabla 12 se muestran los espesores mínimos para carpetas asfálticas y bases granulares, sugeridos en función del tránsito.

## Tabla 12.

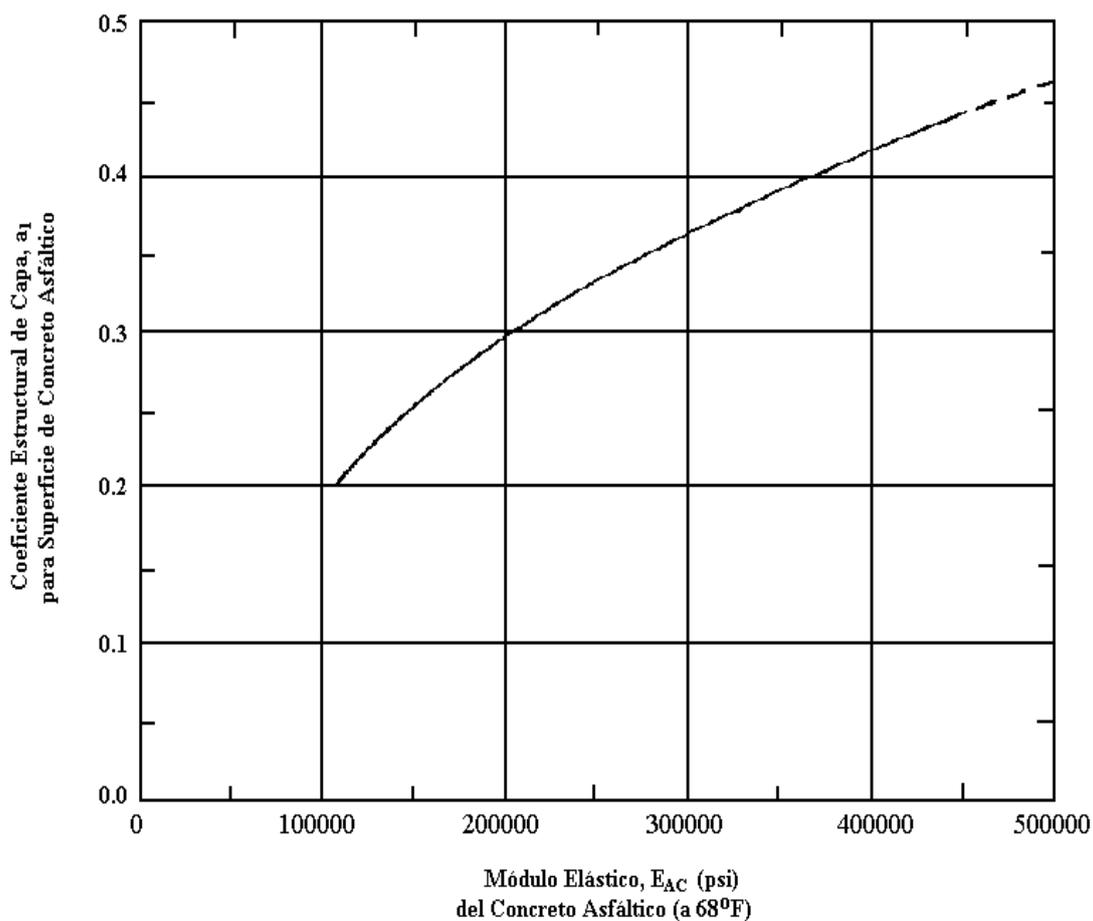
*Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes*

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpetas De Concreto Asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

*Nota:* el T.S. es el Tratamiento superficial

**Figura 5.**

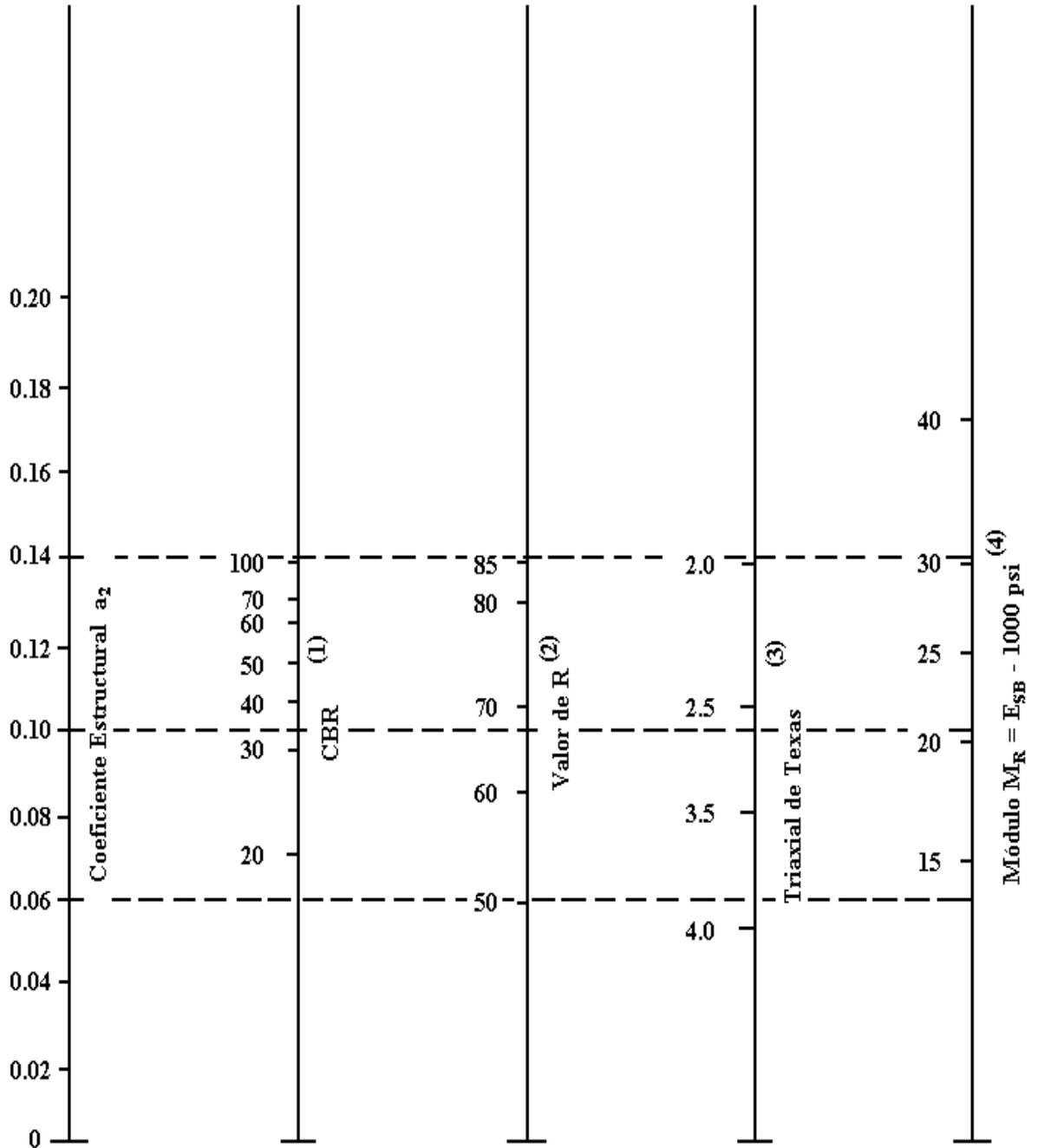
*Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica "a1".*



*Fuente:* Salazar, 19998

**Figura 6.**

*Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2".*

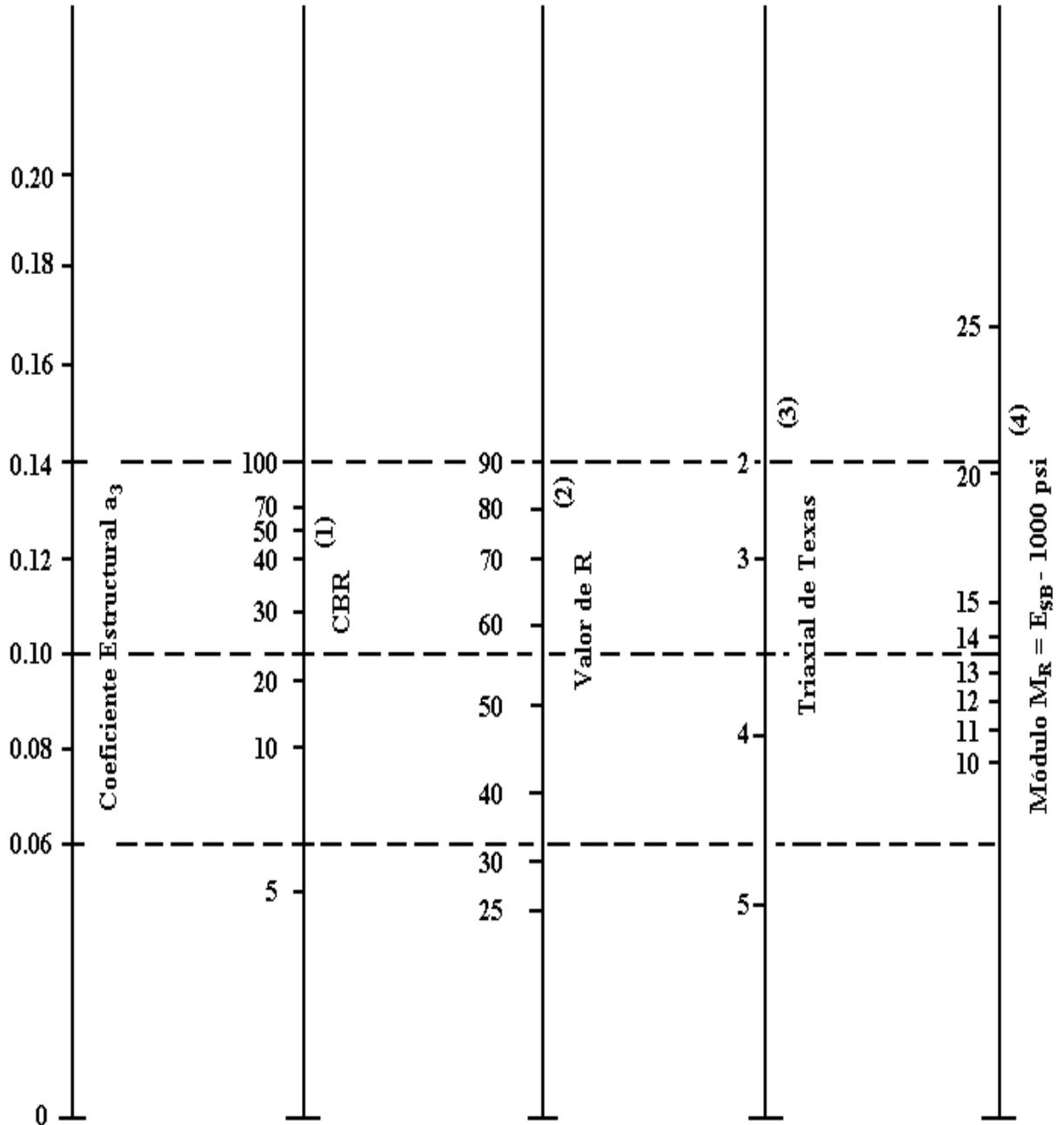


- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: Salazar, 1998

**Figura 7**

*Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular "a3".*

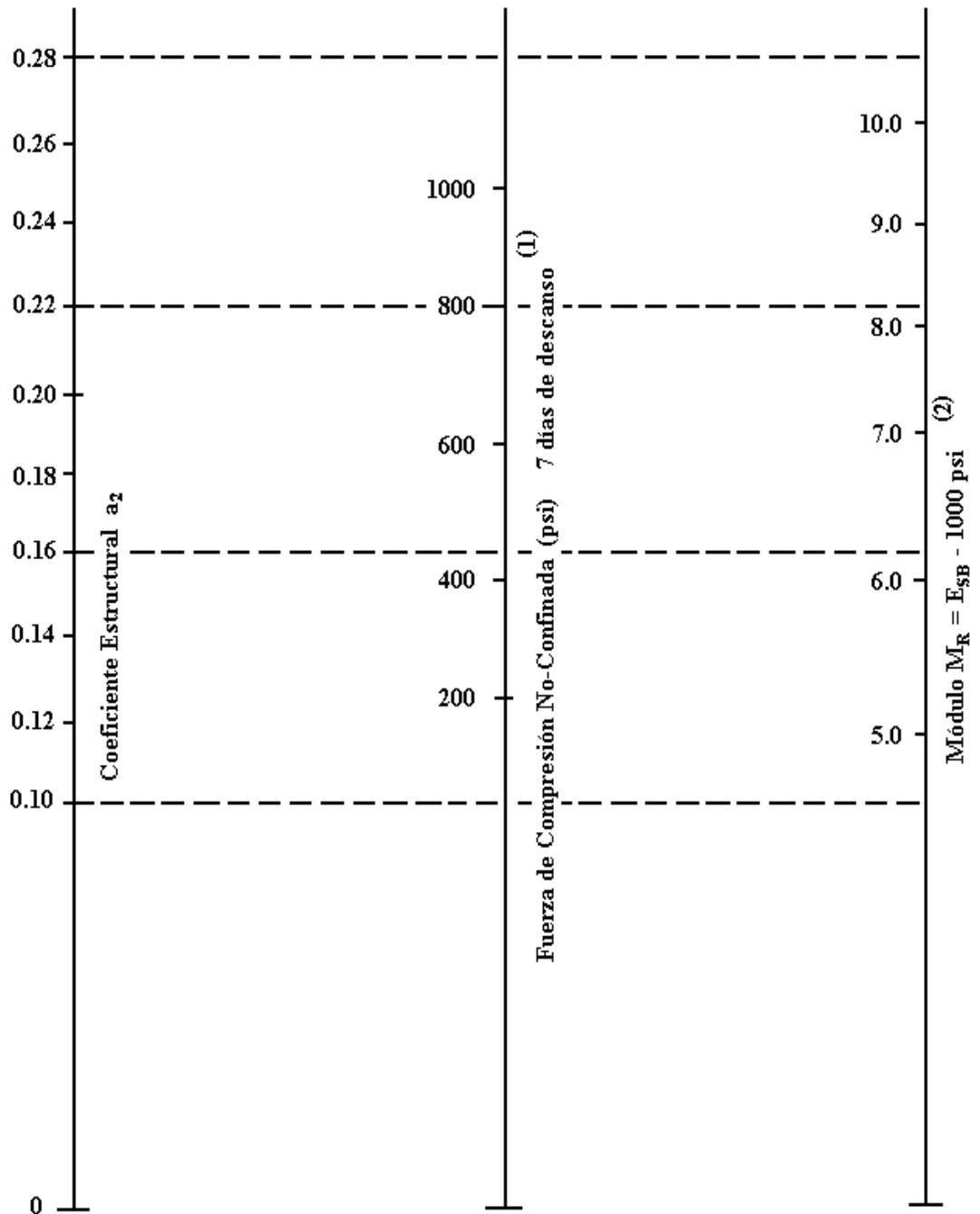


- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

*Fuente:* Salazar, 1998

**Figura 8.**

*Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con cemento.*



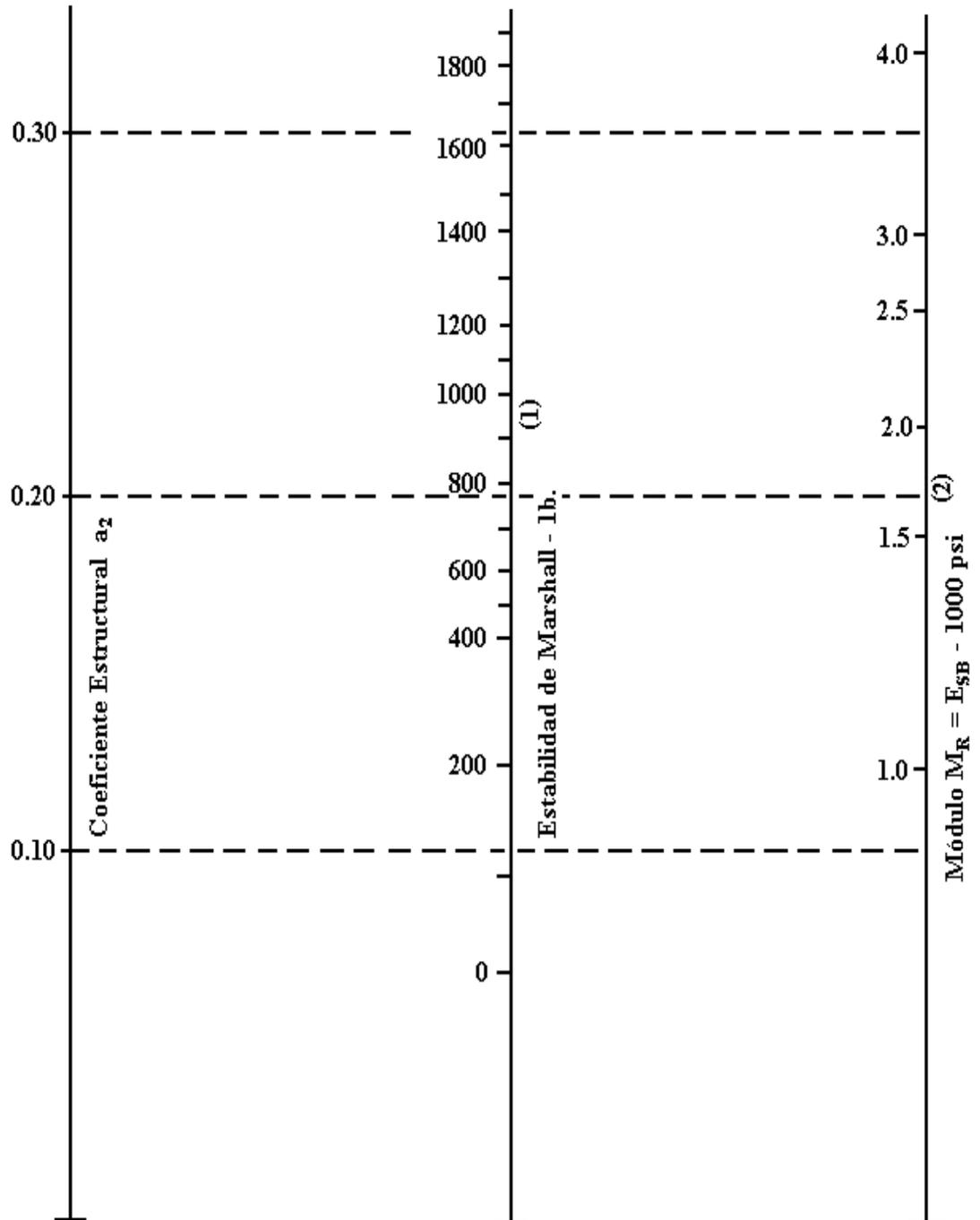
(1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois, Louisiana y Texas.

(2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

*Fuente:* Salazar, 1998

**Figura 9.**

*Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con asfalto.*



(1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois.

(2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

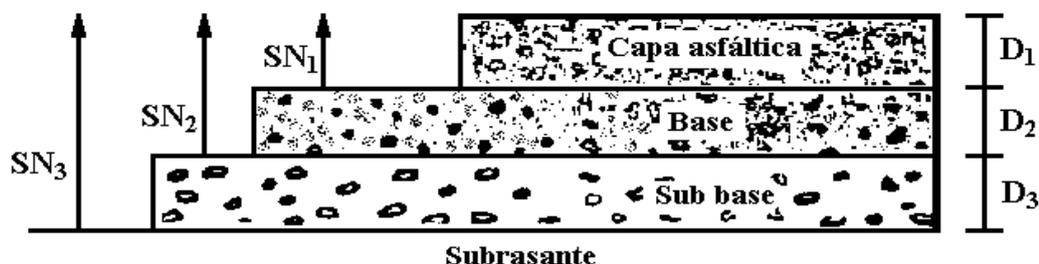
Fuente: Salazar, 1998

## ESPESORES MÍNIMOS EN FUNCIÓN DEL $SN$

A través del control de los espesores  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$ , en función del  $SN$ , se busca dar protección a las capas granulares que, no son tratadas, de las tensiones verticales que producirían deformaciones permanentes, como se muestra en el gráfico siguiente. +

**Figura 10**

*Espesores en función al  $SN$*



Fuente: Cossi 2015

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Se adopta un espesor  $D_1$  evidentemente mayor y el número estructural absorbido por esta capa será.

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

Por otro lado, para determinar el espesor mínimo de la capa base, se hace uso del ábaco con el  $MR$  de la sub-base, para obtener el número estructural que será absorbido por la carpeta y la capa base, de donde se tiene en la siguiente ecuación que:

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \geq \frac{SN_b}{a_2 * m_2}$$

Se adopta un espesor  $D_2$  ligeramente mayor y el número estructural absorbido será:

$$SN_b = a_2 * m_2 * D_2 \quad \text{donde se sabe que } SN_b = \text{Número estructural de la base}$$

Para finalizar, la sub-base se ingresa con el  $MR$  que corresponde a la subrasante y se obtiene  $SN_3 = SN$  para todo el paquete estructural, por tanto, el espesor está dado por la siguiente ecuación:

$$D_3 \geq \frac{SN - (SN_1 - SN_2)}{a_3 * m_3} \geq \frac{SN_{sb}}{a_3 * m_3} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Además, se adopta un espesor  $D_3$  ligeramente mayor y el número estructural el cual es absorbido por la sub-base será:

$$SN_3 = a_3 * m_3 * D_3 \quad \text{donde } SN_{sb} = \text{Número estructural de la sub-base}$$

Se comprende que el pavimento debe ser mayor o igual a la suma de los números estructurales de las capas que constituyen

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

Debemos tener en cuenta y saber que este procedimiento no es aplicable para determinar los espesores sobre capas que tengan un módulo de resiliencia mayor a 40.000 psi (280 MPa). En este caso los espesores se determinarán mediante criterios constructivos o también teniendo en cuenta costo-eficiencia.

**Tabla 13.**

*Factores equivalentes de carga, ejes simples,  $pt = 2,0$*

Carga/Eje		$SN_{pulg} (mm)$					
(kips)	(Kn)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	26,7	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009

8	35,6	0,030	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	44,5	0,075	0,085	0,090	0,085	0,079	0,079
12	53,4	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	62,3	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	71,2	0,589	0,598	0,613	0,612	0,603	0,596
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	97,9	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	106,8	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	115,7	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	124,6	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	133,5	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	142,4	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	151,3	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6
36	160,0	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	169,1	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	178,0	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	186,9	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	195,8	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	204,7	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	213,6	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	222,5	113	108	97	86	81	82

*Fuente:* (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 14.**

*Factores equivalentes de carga, ejes trídem,  $pt = 2,0$*

Carga/Eje (kips)	(Kn)	SN pulg (mm)					
		1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	26,7	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
8	35,6	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007
10	44,5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	53,4	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	62,3	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	71,2	0,010	0,012	0,012	0,010	0,009	0,009
18	80,0	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015
20	89,0	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	97,9	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	106,8	0,049	0,058	0,060	0,055	0,051	0,048
26	115,7	0,068	0,080	0,083	0,077	0,071	0,068
28	124,6	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	133,5	0,125	0,140	0,149	0,140	0,131	0,126
32	142,4	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	151,3	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	160,0	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	169,1	0,346	0,368	0,390	0,381	0,364	0,353
40	178,0	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	186,9	0,538	0,560	0,587	0,580	0,561	0,548

44	195,8	0,662	0,682	0,710	0,705	0,686	0,673
46	204,7	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	213,6	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987
50	222,5	1,17	1,18	1,20	1,20	1,19	1,18
52	231,4	1,40	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	258,1	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	267,0	2,67	2,64	2,59	2,57	2,60	2,63
62	275,9	3,10	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	284,7	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	293,6	4,13	4,05	3,89	3,83	3,90	3,99
68	302,5	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	311,4	5,40	5,28	5,03	4,90	5,00	5,15
72	320,3	6,15	6,00	5,68	5,52	5,63	5,82
74	329,2	6,97	6,79	6,41	6,20	6,33	6,56
76	338,1	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36
78	347,0	8,88	8,63	8,09	7,75	7,90	8,23
80	355,9	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	364,8	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2
84	373,7	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	382,6	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	391,5	15,5	15,0	13,8	13,0	13,2	13,8
90	400,4	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 15.**

*Factores equivalentes de carga, ejes simples,  $pt = 2,5$ .*

<b>Carga/Eje</b>		<b>SN pulg (mm)</b>					
<b>(kips)</b>	<b>(kN)</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>
		<b>(25,4)</b>	<b>(50,8)</b>	<b>(76,2)</b>	<b>(101,6)</b>	<b>(127,0)</b>	<b>(152,4)</b>
2	8,9	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
4	17,8	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
6	26,7	0,011	0,017	0,017	0,013	0,010	0,009
8	35,6	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
10	44,5	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,080
12	53,4	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
14	62,3	0,328	0,358	0,399	0,388	0,360	0,342
16	71,2	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
22	97,9	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
24	106,8	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
26	115,7	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
28	124,6	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
30	133,5	10,3	9,5	7,9	6,8	7,0	7,8
32	142,4	13,9	12,8	10,5	8,8	8,9	10,0
34	151,3	18,4	16,9	13,7	11,3	11,2	12,5
36	160,0	24,0	22,0	17,7	14,4	13,9	15,5
38	169,1	30,9	28,3	22,6	18,1	17,2	19,0
40	178,0	39,3	35,9	28,5	22,5	21,1	23,0
42	186,9	49,3	45,0	35,6	27,8	25,6	27,7

44	195,8	61,3	55,9	44,0	34,0	31,0	33,1
46	204,7	75,5	68,8	54,0	41,4	37,2	39,3
48	213,6	92,2	83,9	65,7	50,1	44,5	46,5
50	222,5	112	102	79	60	53	55,0

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 16.**

*Factores equivalentes de carga, ejes tándem,  $pt = 2,5$ .*

Carga/Eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(Kn)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
6	26,7	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
8	35,6	0,004	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
10	44,5	0,008	0,013	0,011	0,009	0,007	0,006
12	53,4	0,015	0,024	0,023	0,018	0,014	0,013
14	62,3	0,026	0,041	0,042	0,033	0,027	0,024
16	71,2	0,044	0,065	0,070	0,057	0,047	0,043
18	80,0	0,070	0,097	0,109	0,092	0,077	0,070
20	89,0	0,107	0,141	0,162	0,141	0,121	0,110
22	97,9	0,160	0,198	0,229	0,207	0,180	0,166
24	106,8	0,231	0,273	0,315	0,292	0,260	0,242
26	115,7	0,327	0,370	0,420	0,401	0,364	0,342
28	124,6	0,451	0,493	0,548	0,534	0,495	0,470
30	133,5	0,611	0,648	0,703	0,695	0,658	0,633

32	142,4	0,813	0,843	0,889	0,887	0,857	0,834
34	151,3	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	160,0	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,1	1,75	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73
40	178,0	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	186,9	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	195,8	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	204,7	4,18	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	213,6	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49
50	222,5	6,12	5,76	5,03	4,64	4,86	5,28
52	231,4	7,33	6,87	5,93	5,38	5,63	6,17
54	240,3	8,72	8,14	6,95	6,22	6,47	7,15
56	249,2	10,3	9,6	8,1	7,2	7,4	8,2
58	258,1	12,1	11,3	9,4	8,2	8,4	9,4
60	267,0	14,2	13,1	10,9	9,4	9,6	10,7
62	275,9	16,5	15,3	12,6	10,7	10,8	12,1
64	284,7	19,1	17,6	14,5	12,2	12,2	13,7
66	293,6	22,1	20,3	16,6	13,8	13,7	15,4
68	302,5	25,3	23,3	18,9	15,6	15,4	17,2
70	311,4	29,0	26,6	21,5	17,6	17,2	19,2
72	320,3	33,0	30,3	24,4	19,8	19,2	21,3
74	329,2	27,5	34,4	27,6	22,2	21,6	23,6
76	338,1	42,5	38,9	31,1	24,8	23,7	26,1
78	347,0	48,0	43,9	35,0	27,8	26,2	28,8
80	355,9	54,0	49,4	39,2	30,9	29,0	31,7
82	364,8	60,6	55,4	43,9	34,4	32,0	34,8

84	373,7	67,8	61,9	49,0	38,2	35,3	38,1
86	382,6	75,7	69,1	54,5	42,3	38,8	41,7
88	391,5	84,3	76,9	60,6	46,8	42,6	45,6
90	400,4	93,7	85,4	67,1	51,7	46,8	49,7

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 17.**

*Factores equivalentes de carga, ejes tridem, pt = 2,5*

Carga/eje (kips)	(kN)	SN pulg (mm)					
		1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
6	26,7	0,0006	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003
8	35,6	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
10	44,5	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
12	53,4	0,005	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003
14	62,3	0,008	0,012	0,010	0,008	0,006	0,006
16	71,2	0,012	0,019	0,018	0,013	0,011	0,010
18	80,0	0,018	0,029	0,028	0,021	0,017	0,016
20	89,0	0,027	0,042	0,042	0,032	0,027	0,024
22	97,9	0,038	0,058	0,060	0,048	0,040	0,036
24	106,8	0,053	0,078	0,084	0,068	0,057	0,051
26	115,7	0,072	0,103	0,114	0,095	0,080	0,072
28	124,6	0,098	0,133	0,151	0,128	0,109	0,099
30	133,5	0,129	0,169	0,195	0,170	0,145	0,133

32	142,4	0,169	0,123	0,247	0,220	0,191	0,175
34	151,3	0,219	0,266	0,308	0,281	0,246	0,228
36	160,0	0,279	0,329	0,379	0,352	0,313	0,292
38	169,1	0,352	0,403	0,461	0,436	0,393	0,368
40	178,0	0,439	0,491	0,554	0,533	0,487	0,459
42	186,9	0,543	0,594	0,661	0,644	0,597	0,567
44	195,8	0,666	0,714	0,781	0,769	0,723	0,692
46	204,7	0,811	0,854	0,918	0,911	0,868	0,838
48	213,6	0,979	1,015	1,072	1,069	1,033	1,005
50	222,5	1,17	1,20	1,24	1,25	1,22	1,20
52	231,4	1,40	1,41	1,44	1,44	1,43	1,41
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,93	1,90	1,90	1,91	1,93
58	258,1	2,29	2,25	2,17	2,16	2,20	2,24
60	267,0	2,67	2,60	2,48	2,44	2,51	2,58
62	275,9	3,09	3,00	2,82	2,76	2,85	2,95
64	284,7	3,57	3,44	3,19	3,10	3,22	3,36
66	293,6	4,11	3,94	3,61	3,47	3,62	3,81
68	302,5	4,71	4,49	4,06	3,88	4,05	4,30
70	311,4	5,38	5,11	4,57	4,32	4,52	4,84
72	320,3	6,12	5,79	5,13	4,80	5,03	5,41
74	329,2	6,93	6,54	5,74	5,32	5,57	6,04
76	338,1	7,84	7,37	6,41	5,88	6,15	6,71
78	347,0	8,83	8,28	7,14	6,49	6,78	7,43
80	355,9	9,92	9,28	7,95	7,15	7,45	8,21
82	364,8	11,1	10,4	8,8	7,9	8,2	9,0

84	373,7	12,4	11,6	9,8	8,6	8,9	9,9
86	382,6	13,8	12,9	10,8	9,5	9,8	10,9
88	391,5	15,4	14,3	11,9	10,4	10,6	11,9
90	400,4	17,1	15,8	13,2	11,3	11,6	12,9

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 18.**

*Factores equivalentes de carga, ejes simples,  $pt = 3,0$*

	Carga/Eje		<i>SN pulg (mm)</i>				
	(kips)	(Kn)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)
2	8,9	0,0008	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0002
4	17,8	0,004	0,008	0,006	0,004	0,002	0,002
6	26,7	0,014	0,030	0,028	0,018	0,012	0,010
8	35,6	0,035	0,070	0,080	0,055	0,040	0,034
10	44,5	0,082	0,132	0,168	0,132	0,101	0,086
12	53,4	0,173	0,231	0,296	0,260	0,212	0,187
14	62,3	0,332	0,388	0,468	0,447	0,391	0,358
16	71,2	0,594	0,633	0,695	0,693	0,651	0,622
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,60	1,53	1,41	1,38	1,44	1,51
22	97,9	2,47	2,29	1,96	1,83	1,97	2,16
24	106,8	3,67	3,33	2,69	2,39	2,60	2,96
26	115,7	5,29	4,72	3,65	3,08	3,33	3,91
28	124,6	7,43	6,56	4,88	3,93	4,17	5,00
30	133,5	10,2	8,9	6,5	5,0	5,1	6,3

32	142,4	13,8	12,0	8,4	6,2	6,3	7,7
34	151,3	18,2	15,7	10,9	7,8	7,6	9,3
36	160,0	23,8	20,4	14,0	9,7	9,1	11,0
38	169,1	30,6	26,2	17,7	11,9	11,0	13,0
40	178,0	38,8	33,2	22,2	14,6	13,1	15,3
42	186,9	48,8	41,6	27,6	17,8	15,5	17,8
44	195,8	60,6	51,6	34,0	21,6	18,4	20,6
46	204,7	74,7	63,4	41,5	26,1	21,6	23,8
48	213,6	91,2	77,3	50,3	31,3	25,4	27,4
50	222,5	110	94	61	37	30	32

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 19.**

*Factores equivalentes de carga, ejes tándem,  $pt = 3,0$*

Carga/eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(kN)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
4	17,8	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
6	26,7	0,003	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001
8	35,6	0,006	0,011	0,009	0,005	0,003	0,003
10	44,5	0,011	0,024	0,020	0,012	0,008	0,007
12	53,4	0,019	0,042	0,039	0,024	0,017	0,014
14	62,3	0,031	0,066	0,068	0,045	0,032	0,026
16	71,2	0,049	0,096	0,109	0,076	0,055	0,046
18	80,0	0,075	0,134	0,164	0,121	0,090	0,076

20	89,0	0,113	0,181	0,232	0,182	0,139	0,119
22	97,9	0,166	0,241	0,313	0,260	0,205	0,178
24	106,8	0,238	0,317	0,407	0,358	0,292	0,257
26	115,7	0,333	0,413	0,517	0,476	0,402	0,360
28	124,6	0,457	0,534	0,643	0,614	0,538	0,492
30	133,5	0,616	0,684	0,788	0,773	0,702	0,656
32	142,4	0,817	0,870	0,956	0,953	0,896	0,855
34	151,3	1,07	1,10	1,15	1,15	1,12	1,09
36	160,0	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,1	1,75	1,71	1,64	1,62	1,66	1,70
40	178,0	2,21	2,11	1,94	1,89	1,98	2,08
42	186,9	2,75	2,59	2,29	2,19	2,33	2,50
44	195,8	3,39	3,15	2,70	2,52	2,71	2,97
46	204,7	4,15	3,81	3,16	2,89	3,13	3,50
48	213,6	5,04	4,58	3,70	3,29	3,57	4,07
50	222,5	6,08	5,47	4,31	3,74	4,05	4,70
52	231,4	7,27	6,49	5,01	4,24	4,57	5,37
54	240,3	8,65	7,67	5,81	4,79	5,13	6,10
56	249,2	10,2	9,0	6,7	5,4	5,7	6,9
58	258,1	12,0	10,6	7,7	6,1	6,4	7,7
60	267,0	14,1	12,3	8,9	6,8	7,1	8,6
62	275,9	16,3	14,3	10,2	7,7	7,8	9,5
64	284,7	18,9	16,4	11,6	8,6	8,6	10,5
66	293,6	21,8	18,9	13,2	9,6	9,5	11,6
68	302,5	25,1	21,7	15,0	10,7	10,5	12,7
70	311,4	28,7	24,7	17,0	12,0	11,5	13,9

72	320,3	32,7	28,1	19,2	13,3	12,6	15,2
74	329,2	37,2	31,9	21,6	14,8	13,8	16,5
76	338,1	42,1	36,0	24,3	16,4	15,1	17,9
78	347,0	47,5	40,6	27,3	18,2	16,5	19,4
80	355,9	53,4	45,7	30,5	20,1	18,0	21,0
82	364,8	60,0	51,2	34,0	22,2	19,6	22,7
84	373,7	67,1	57,2	37,9	24,6	21,3	24,5
86	382,6	74,9	63,8	42,1	27,1	23,2	26,4
88	391,5	83,4	71,0	46,7	29,8	25,2	28,4
90	400,4	92,7	78,8	51,7	32,7	27,4	30,5

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

**Tabla 20.**

*Factores equivalentes de carga, ejes trídrem,  $pt = 3,0$*

Carga/Eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(Kn)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001
6	26,7	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	35,6	0,003	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001
10	44,5	0,005	0,008	0,005	0,003	0,002	0,002
12	53,4	0,007	0,014	0,010	0,006	0,004	0,003
14	62,3	0,011	0,023	0,018	0,011	0,007	0,006
16	71,2	0,016	0,035	0,030	0,018	0,013	0,010
18	80,0	0,022	0,050	0,047	0,029	0,020	0,017

20	89,0	0,031	0,069	0,069	0,044	0,031	0,026
22	97,9	0,043	0,090	0,097	0,065	0,046	0,039
24	106,8	0,059	0,116	0,132	0,092	0,066	0,056
26	115,7	0,079	0,145	0,174	0,126	0,092	0,078
28	124,6	0,104	0,179	0,223	0,168	0,126	0,107
30	133,5	0,136	0,218	0,279	0,219	0,167	0,143
32	142,4	0,176	0,265	0,342	0,279	0,218	0,188
34	151,3	0,226	0,319	0,413	0,350	0,279	0,243
36	160,0	0,286	0,382	0,491	0,432	0,352	0,310
38	169,1	0,359	0,456	0,577	0,524	0,437	0,389
40	178,0	0,447	0,543	0,671	0,626	0,536	0,483
42	186,9	0,550	0,643	0,775	0,740	0,649	0,593
44	195,8	0,673	0,760	0,889	0,865	0,777	0,720
46	204,7	0,817	0,894	1,014	1,001	0,920	0,865
48	213,6	0,984	1,048	1,152	1,148	1,080	1,030
50	222,5	1,18	1,23	1,30	1,31	1,26	1,22
52	231,4	1,40	1,43	1,47	1,48	1,45	1,43
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,92	1,86	1,85	1,88	1,91
58	258,1	2,28	2,21	2,09	2,06	2,13	2,20
60	267,0	2,66	2,54	2,34	2,28	2,39	2,50
62	275,9	3,08	2,92	2,61	2,52	2,66	2,84
64	284,7	3,56	3,33	2,92	2,77	2,96	3,19
66	293,6	4,09	3,79	3,25	3,04	3,27	3,58
68	302,5	4,68	4,31	3,62	3,33	3,60	4,00
70	311,4	5,34	4,88	4,02	3,64	3,94	4,44

72	320,3	6,08	5,51	4,46	3,97	4,31	4,91
74	329,2	6,89	6,21	4,94	4,32	4,69	5,40
76	338,1	7,78	6,98	5,47	4,70	5,09	5,93
78	347,0	8,76	7,83	6,04	5,11	5,51	6,48
80	355,9	9,84	8,75	6,67	5,54	5,96	7,06
82	364,8	11,0	9,8	7,4	6,0	6,4	7,7
84	373,7	12,3	10,9	8,1	6,5	6,9	8,3
86	382,6	13,7	12,1	8,9	7,0	7,4	9,0
88	391,5	15,3	13,4	9,8	7,6	8,0	9,6
90	400,4	16,9	14,8	10,7	8,2	8,5	10,4

Fuente: (UMSS (facultad de ciencias y tecnología), 2012)

### EJEMPLO DE APLICACIÓN 3

A continuación, se presenta un ejemplo resuelto por Monsalve, 2012. Para calcular el paquete estructural en base al criterio de espesores mínimos teniendo como datos lo siguiente:

$$R = 90\%$$

$$S_0 = 0,35$$

$$W_{18} = 3,5 \times 10^5 \text{ ESAL's}$$

$$\Delta PSI = 2,5$$

#### Tabla 21:

*Propiedades de los materiales*

Material	<i>MR</i>	<i>ai</i>	<i>mi</i>
	MPa (psi)		

Concreto Asfáltico	3100 (450000)	0,44	.....
Base piedra partida	276 (40000)	0,17	0,8
Sub-base granular	97 (14000)	0,1	0,7
Subrasante	34 (5000)	.....	.....

*Fuente:* Monsalve, 2012

De acuerdo a esto los módulos resiliencia se obtiene de la siguiente manera:

$$SN = 3,1 \text{ pulg.}$$

$$SN_b = 1,4 \text{ pulg para proteger la base.}$$

$$SN_{sb} = 2,2 \text{ pulg para proteger la sub-base.}$$

$$D_1 \geq \frac{1,4}{0,44} = 3,18, \text{ adoptamos } 3,2$$

$$SN_1 = a_1 * D_1 = 0,44 * 3,2 = 1,41$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} = \frac{2,2 - 1,41}{0,17 * 0,80} = 5,81", \text{ adoptamos } 6,0"$$

$$SN_b = a_2 * m_2 * D_2 = 0,17 * 0,80 * 6,0 = 0,82$$

$$D_3 \geq \frac{SN - (SN_1 + SN_2)}{a_3 * m_3} = \frac{3,1 - (1,41 + 0,82)}{0,10 * 0,70} = 12,43", \text{ adoptamos } 12,5"$$

$$SN_3 = a_3 * m_3 * D_3 = 0,10 * 0,70 * 12,5 = 0,87$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 1,41 + 0,82 + 0,87 = 3,18 > 3,1$$

Es muy frecuente que para preverse la construcción por etapas se debe lograr un mejor comportamiento del pavimento. Un posible método es proyectar para periodos de diseño relativamente cortos, por ejemplo, cinco años o menos, para así prevenir los refuerzos que puedan ser necesarios. Por otro lado, también sería otro método donde sea

posible proyectar para un periodo de diseño 20 años por ejemplo reduciendo después el espesor en 3 o 5 cm.

#### **EJEMPLO DE APLICACIÓN 4**

A continuación, presentamos un ejemplo más de aplicación sobre como diseñar un pavimento con las siguientes características que se presenta a continuación:

**Ubicación:** Rural

**Clasificación de la vía:** Primaria

#### **Datos Del Tránsito**

Tránsito anual inicial (ambas direcciones) =  $6 \times 10^4$  ESAL's

Distribución direccional "*DD*" = 0,50

Distribución de camiones "*TD*" = 0,70

Crecimiento de camiones (anual) = 0% (Sin crecimiento)

#### **Propiedades de Materiales**

Módulo del concreto asfáltico *MAC* = 3450 MPa = 500000 psi

Módulo resiliente base granular *MB* = 172 MPa = 25000 psi

Módulo resiliente sub-base granular *MSB* = 82,7 MPa = 12000 psi

Invierno (med. Diciembre-fines Febrero) *MR* = 207 MPa = 30000 psi

Primavera (med. Marzo-fines. Abril) *MR* = 6,89 MPa = 1000 psi

Verano y Otoño (princ. Mayo-med. Diciembre) *MR* = 34,5 MPa = 5000 psi

#### **Solución:**

Sabemos de ante mano que algunas variables de entrada deberán seleccionarse en base a la importancia funcional del pavimento flexible, teniendo en cuenta las consideraciones de construcción por etapas, los conocimientos de la calidad de la

construcción y experiencia. Así se adoptan este tipo de variables para la siguiente solución:

Período de vida útil = 10 años.

Período de análisis (incluye una rehabilitación) = 20 años.

Confiabilidad en el período de análisis:  $R = 90\%$ .

Desviación estándar de todas las variables:  $S0 = 0,35$ .

Serviciabilidad inicial:  $p0 = 5$ .

Serviciabilidad final:  $pt = 2,5$ .

En cada etapa la confiabilidad será  $R = (0,90)^{1/2} = 0,95 = 95\%$ .

El tránsito esperado para el final de la vida útil será:

$W18 = \text{Factor de crecimiento tránsito} \cdot \text{tránsito inicial} \cdot DD \cdot TD$

$$= 10 \cdot 6 \times 104 \text{ ESAL's} \cdot 0,50 \cdot 0,70 = 2,1 \times 105 \text{ ESAL's}$$

El módulo efectivo de la subrasante es:  $MR = 14,15 \text{ MPa} = 2100 \text{ psi}$

Variación de serviciabilidad  $\Delta PSI = p0 - pt = 5 - 2,5 = 2,5$  por tránsito

Para  $R = 95\%$ ,  $S0 = 0,35$ ,  $W18 = 2,1 \times 105 \text{ ESAL's}$ ,  $MR = 2100 \text{ psi}$  y  $\Delta PSI = 2,5$  corresponde  $SN = 96,52 \text{ mm}$  (3,8 pulg.), con:

$SN1 = 40,64 \text{ mm}$  (1,6 pulg.) para protección de base

$SN2 = 58,42 \text{ mm}$  (2,3 pulg.) para protección de sub-base

Los coeficientes estructurales o de capa, función de la calidad de los materiales que forman cada capa, son:

Concreto asfáltico:  $a1 = 0,9$

Base:  $a2 = 0,12$

Sub-base:  $a3 = 0,36$

Sabemos que la base tiene buen drenaje y estará saturada menos del 5% del tiempo, por lo que  $m_2 = 1,12$ . La sub-base tiene características de drenaje pobre y estará saturada el 25% del tiempo, correspondiéndole un coeficiente de drenaje  $m_3 = 0,85$ .

- **Espesor mínimo para capa asfáltica:**

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{40.64}{0.46} = 88\text{mm (3.52 pulg)}, \text{ adoptamos } 90\text{mm (3.5 pulg)}$$

$$SN_1 = a_1 * D_1 = 0.46 * 90 = 41.4 \text{ mm}$$

- **Base granular**

Como la capa más efectiva desde el punto de vista económico es la base granular, se elimina la sub-base, resultando el espesor de base:

$$D_2 \geq \frac{SN - SN_1}{a_2 * m_2} = \frac{96.52 - 41.4}{0.12 * 1.12} = 410.12 \text{ mm}, \text{ adoptamos } 420 \text{ mm}$$

$$SN_2 = a_2 * m_2 * D_2 = 420 * 0.12 * 1.12 = 56.45 \text{ mm}$$

$$SN_1 + SN_2 = 41.4 + 56.45 = 97.85 \text{ mm} > 96.52 \text{ mm} \rightarrow \text{Verifica}$$

### EJEMPLO DE APLICACIÓN 5

A continuación, mostramos un último ejemplo con los siguientes datos: Autopista urbana,  $W18 = 2 \times 105$  ESAL's. El agua drena del pavimento en aproximadamente una semana y la estructura del pavimento está expuesta a niveles próximos a la saturación en un 30% del tiempo. Los datos de los materiales son:

Módulo elástico del concreto asfáltico a  $20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ) =  $3100 \text{ MPa} = 450000 \text{ psi}$

Base CBR = 100%  $MB = 214 \text{ MPa} = 31000 \text{ psi}$

Sub-base CBR = 16%  $MSB = 90,4 \text{ MPa} = 13111 \text{ psi}$

Subrasante CBR = 5%  $MR = 53,8 \text{ MPa} = 7800 \text{ psi}$

**Solución:**

Como el pavimento en el ejemplo específicamente para una autopista urbana se adopta

lo siguiente:

$$R = 99\%$$

$$S_0 = 0,2$$

$$p_o = 4,5$$

$$p_t = 2,5$$

y así se obtiene lo siguiente:

$$SN = 60,96 \text{ mm (2,4 pulg)}$$

$$SN_1 = 38,1 \text{ mm (1,5 pulg)}$$

$$SN_2 = 50,8 \text{ mm (2 pulg)}$$

Además, los coeficientes de drenaje para base y sub-base son  $m_2 = m_3 = 0,80$

Espesor de concreto asfáltico:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{38,1}{0,44} = 86,6 \text{ mm (3,4 pulg)}, \text{ se adopta } D_1 = 90 \text{ mm}$$

$$SN_1 = 90 * 0,44 = 39,6 \text{ mm}$$

Espesor para base:

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} = \frac{50,8 - 39,6}{0,14 * 0,80} = 100 \text{ mm (3,9 pulg)}, \text{ adoptamos } D_2 = 110 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$$

$$SN_2 = a_2 * m_2 * D_2 = 0,14 * 0,80 * 110 = 12,32 \text{ mm}$$

Espesor para Sub-base:

$$D_3 \geq \frac{SN - (SN_1 + SN_2)}{a_3 * m_3} = \frac{60,96 - (39,6 + 12,32)}{0,10 * 0,80} = 113 \text{ mm}, \text{ adoptamos } D_3 = 140 \text{ mm}$$

$$SN_3 = a_3 * m_3 * D_3 = 0,10 * 0,80 * 140 = 11,2 \text{ mm}$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 38,1 + 12,32 + 11,2 = 61,62 > 60,96 \text{ mm} \rightarrow \text{Verifica}$$

Si el módulo del concreto asfáltico fuera un 30% menor entonces decimos que:

$EAC = 2170 \text{ MPa} = 315000 \text{ psi}$ ,  $a_1 = 0,38$  y esto obliga a hacer una capa asfáltica de mayor espesor, aunque el número estructural de todo el paquete no cambie y siga siendo 60,96 mm.

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{38.1}{0.38} = 100 \text{ mm, se adopta } D_1 = 105 \text{ mm}$$

$$SN_1 = 0.38 * 105 = 39.9 \text{ mm}$$

Espesor de base granular:

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} = \frac{50.8 - 39.9}{0.14 * 0.80} = 97.3 \text{ mm, adoptamos } D_2 = 110 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$$

$$SN_2 = a_2 * m_2 * D_2 = 0.14 * 0.80 * 110 = 12.32 \text{ mm}$$

$$D_3 \geq \frac{SN - (SN_1 + SN_2)}{a_3 * m_3} = \frac{60.96 - (39.9 + 12.32)}{0.10 * 0.80} = 109.25 \text{ mm, adoptamos } D_3 = 125 \text{ mm}$$

$$SN_3 = a_3 * m_3 * D_3 = 0.10 * 0.80 * 125 = 10 \text{ mm}$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 39.9 + 12.32 + 10 = 62.22 > 60.96 \text{ mm}$$

# **“GUIA DE PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

## CAPA DE LA SUBRASANTE:

La preparación del suelo que hará la función de la subrasante, consiste en una serie de operaciones previas, cuya ejecución es necesaria y muy importante para cimentar la colocación de la capa de sub-base sobre la subrasante. (Gabriel Enrique Bonett Solano, 2014).

- **Homogenización de la subrasante:** El procedimiento consiste en disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiera una condición suelta. (Gabriel Enrique Bonett Solano, 2014). Como se visualiza en la figura 11.

### Figura 11

*Escarificación de la superficie de la subrasante*



**Fuente:** Bonett 2014

- **Humectación del suelo:** Seguidamente de la escarificación y la homogeneización del material, si el suelo estuviese muy seco de acuerdo a la humedad especificada del material ha compactar, éste puede humedecerse mediante los sistemas de riego tradicionales hasta llevarlo a una condición de  $\pm 2$  % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo Proctor. (Gabriel Enrique Bonett Solano, 2014) ver figura 12.

**Figura 12**

*Humectación de la superficie de la subrasante*



**Fuente:** Bonett 2014

- **Aireación del suelo de la subrasante:** Si la humedad natural es mayor que la óptima, se deberá airear el suelo removiéndolo de un lado a otro por medio de una motoniveladora, hasta llevarlo a una condición de  $\pm 2\%$  de la humedad óptima de compactación, según las especificaciones del ensayo Proctor. (Solano, 2014) ver figura 13.

**Figura 13**

*Aireación de la superficie de la subrasante*



**Fuente:** Solano 2014

- **Compactación de la subrasante:** Después de realizar la nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de subrasante, mediante el

movimiento de tierras, se realiza una compactación con un rodillo compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio dependiendo del tipo de material, para poder llegar a la densidad que cumpla con la del Proctor. La superficie terminada del tramo de subrasante no deberá mostrar a simple vista deformaciones o altibajos, que en caso de existir deberán ser corregidos para que el tramo compactado pueda ser recibido como concluido. (Solano, 2014).

#### **Figura 14**

*Compactación de la superficie de la subrasante con rodillo pata de cabra o vibratorio, dependiendo del tipo de material.*



**Fuente:** Montañez 2014

#### **CAPA DE LA SUBBASE:**

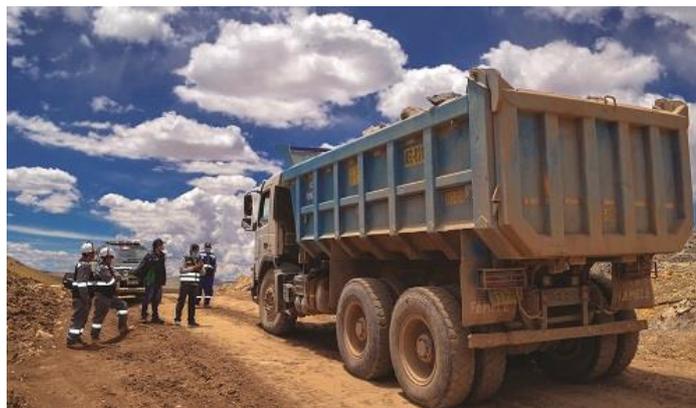
Viene a ser la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento, y por ende estas son transmitidas a la cimentación. Para esta capa se utilizan agregados provenientes de canteras que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, que serán colocados sobre la superficie de la subrasante. Para el proceso de conformación de la capa sub-base, se realiza el suministro de agregados granulares para su colocación en conformidad con los alineamientos verticales,

pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero supervisor. (Bonett, 2014).

- **Escarificación del material:** Si el proyecto considera que el material de afirmado existente forme parte de la capa de sub-base granular, aquel se deberá escarificar en una profundidad de diez centímetros (10 cm) o la que especifique los documentos del proyecto, se conformará y compactará hasta obtener el mismo nivel de compactación exigido a la sub base granular, en un espesor de quince centímetros (15 cm). Si el espesor del afirmado es menor de diez centímetros (10 cm), se podrá autorizar que el material de sub-base granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de éste.
- **Transporte del material de la subbase:** Este se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte.

### Figura 15

*Volquete aprobado en Perú para el transporte de material.*



*Fuente:* Perú construye

- **Extensión y conformación del material:** Mientras el espesor de la capa compactada no resulte inferior a diez centímetros (10 cm) ni superior a veinte

centímetros (20 cm). Si el espesor de sub-base compactada por construir es superior a veinte centímetros (20 cm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a diez centímetros (10 cm). Además del material extendido deberá presentar una distribución granulométrica uniforme. (Garzón & Hernández 2018)

### **Figura 16**

*Extensión del material de la subbase.*



*Fuente:* Huertas 2018

- **Compactación:** Una vez que el material extendido de la sub base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior. (Garzón & Hernández 2018).
- **Terminado:** Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del

proyecto.

- **Control de calidad:** Según Provias Nacional durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, realizará las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados.

### **CAPA DE LA BASE:**

Al igual que la capa de la sub base se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte.

- **Extensión y conformación del material:** El material se deberá disponer en una sección uniforme donde se verificará su Homogeneidad. En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a diez centímetros (10 cm) ni superior a veinte centímetros (20 cm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente. (Garzón & Hernández 2018).
- **Compactación:** Una vez que el material extendido de la base tenga la humedad apropiada, se ajustará a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y compactará con el equipo aprobado, hasta alcanzar la densidad seca 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 tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

### **Figura 17**

*Compactación de la superficie de la base con rodillo vibratorio*



*Fuente: Alamy.com*

### **CAPA DE LA CARPETA ASFÁLTICA:**

Según la norma técnica peruana (NTP 321.051.2002). La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas y previamente especificadas.

### **Figura 18**

*Especificaciones de los cementos asfálticos.*

NOMBRE COMERCIAL	MÉTODOS			CEMENTO ASFÁLTICO 40/50 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 120/150 RELAPASA		
	PARÁMETROS	NTP / ASTM	AASHTO	Otros	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
		<b>PENETRACION</b>										
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49			40	50	60	70	85	100	120	150
<b>DUCTILIDAD</b>												
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51			100		100		100		100	
<b>VOLATILIDAD</b>												
Punto de Inflamación, °C	D92	T48			232		232		232		220	
Gravedad Especifica a 15.6°C	D70	T228			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
<b>FLUIDEZ</b>												
Punto de Ablandamiento, °C	D36				Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445				Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
<b>SOLUBILIDAD</b>												
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44			99.0		99.0		99.0		99.0	
<b>ENSAYOS DE PELICULA FINA</b> 3.2 mm; 163°C; 5 horas												
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179				0.8		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49			58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51					50		75		100	
<b>OTROS</b>												
Índice de Penetración			UNE 104-281		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Ensayo de la Mancha (Spot Test) <sup>(Nota 1)</sup>		T102			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

Fuente: Norma técnica peruana.

- Riego de imprimación:** Según el (Diseño geométrico de carreteras 2013) Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Incluye la aplicación de arena cuando sea requerido. Lo cual tiene como función proteger la superficie de la base una vez ha sido compactada, la cual consiste en el suministro y aplicación de un riego de material asfáltico, incluyendo la colocación del material secante. Ver figura 20

## Figura 19

### Especificaciones para asfaltos líquidos

Tipo	Material Bituminoso Diluido					
	MC-30		MC-70		MC-250	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>						
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	60	70	140	250	500
-Punto de Inflamación, °C	38		38		66	
-Ensayo de destilación						
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C						
-a 225 °C	-	25	-	20	-	10
-a 260 °C	40	70	20	60	15	55
-a 315 °C	75	93	65	90	60	87
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-
<b>Pruebas en el Residuo de Destilación:</b>						
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) <sup>(*)</sup>	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro – etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (**)						
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	

(\*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para los materiales bituminosos citados.

(\*\*) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo. Nota: Si la ductilidad a 25°C es menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5 cm/min es como mínimo 100cm.

Fuente: ASTM 2017, AASHTO 93 y NTP.

**Figura 20**



Fuente: Asfaltos KYC 2012

- **Transporte de la mezcla asfáltica:** Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación. Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

**Figura 21**

### *Transporte de la mezcla asfáltica*



Fuente: Asfaltos KYC 2012

- **Extensión de la mezcla asfáltica:** La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

### **Figura 22**

#### *Extensión de la mezcla asfáltica*



Fuente: Google

- **Compactación:** Una vez extendida la mezcla, la compactación se realizará

longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada.

Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

No se permitirán, sin embargo, excesos de agua. Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente. La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este Artículo y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

---

### **Figura 23**



Fuente: Fernández 2018

## RECOMENDACIONES.

Según el Código Nacional de Tránsito Terrestre en el Capítulo XII Señales de Tránsito, artículo 115 párrafo 2. "En todo contrato de construcción, pavimentación flexible o rehabilitación de una vía urbana o rural será obligatorio a incluir la demarcación vial correspondiente, la cual se debe realizar a partir de las especificaciones técnicas definidas en la Resolución 1885 de 2015 Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC), por medio de la cual se adopta el manual de aplicación para el diseño de pavimentos flexibles.

Para el diseño de mezclas asfálticas en caliente en zonas de clima frío y en altura (mayor a 3,000 msnm), se tendrá en cuenta las condiciones desfavorables que deben soportar. Para el diseño se dará un especial énfasis a la calidad que deben reunir los agregados desde el punto de vista de su gradación, limpieza, forma, dureza, textura, etc; y el cemento asfáltico especialmente en lo que se refiere a su

consistencia, durabilidad, susceptibilidad térmica, etc. Además de la calidad de los materiales a emplear, se recomienda lo siguiente:

- Trabajar con granulometrías continuas, bien graduadas, tratando de lograr vacíos del agregado mineral (V.M.A.) superiores al 15%.

- La condición anterior debe permitir incrementar el porcentaje de asfalto a incorporar en la mezcla, tendiendo en lo posible, al límite superior del porcentaje de vacíos llenos con asfalto, recomendados para la mezcla compactada; o sea próximo al 85% y manteniendo, además, las respectivas características físico-mecánicas exigidas para la carpeta o para la base asfáltica.

- Los vacíos residuales de la mezcla compactada deben tender al valor mínimo

especificado, dado que ello contribuye a disminuir la posible alteración del asfalto por oxidación, y a preservar a las mezclas de la acción del agua (agravada por la acción del tránsito) y de los ciclos de variación térmica frío – calor - frío.

- El mayor espesor de la película bituminosa que recubrirá a los agregados por el mayor porcentaje de asfalto junto con el empleo de un ligante de consistencia y susceptibilidad térmica adecuada, incrementará la durabilidad del pavimento.
- La incorporación de porcentajes máximos de arena de trituración permite el logro de carpetas de rodadura con buena resistencia al deslizamiento y conveniente estabilidad; no obstante, debe realizarse un correcto balance de este valor máximo de arena a efectos de no afectar la trabajabilidad de la mezcla ni su compactibilidad, así como tampoco la flexibilidad de la carpeta por un aumento inconveniente del módulo de rigidez.

## REFERENCIAS

- Castro, F. (2007). ministerio de obras publicas y transportes.
- Mercado, L. F. (2015). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías.
- Monsalve, E. L. (2012). Diseño de un pavimento flexible y rigido.
- Rabanal, P. J. (2014). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el metodo del índice de condición del pavimento. CAJAMARCA - 2014". cajamarca.
- Rattia, J. (2013). Definicion y características de los pavimentos flexibles.
- Salazar, R. A. (1998). Guia para el diseño y la construccion de pavimentos flexibles.
- AASHTO. (1993). Guide for design of pavement structures. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials
- ALFARO, Marcelo. Ventajas comparativas entre pavimentos de concreto y pavimentos de asfalto, 2015. Colombia: Asociación de productores de cemento.
- CONSORCIO MJ. (2019). Estudios y Diseños Proyecto de Pavimentación Municipio de Barrancabermeja. Barrancabermeja: Alcaldía Municipal de Barrancabermeja.
- GARCIA, M. (2002). Catálogo de diseño de pavimentos rígidos de la PCA adaptados a las condiciones de tránsito colombianas. Popayán: Universidad del Cauca.
- GARNICA, Paul. GOMEZ, José. SESMA, Jesús. Mecánica de materiales para pavimentos. México: Instituto mexicano del transporte, 2002
- GONZÁLEZ, G., & VANEGAS, E. (2016). Comparación de las metodologías

AASHTO y PCA para el diseño pavimento rígido. Cartagena: Universidad  
de Cartagena.

HUANG, Y. (2004). Pavement analysis and design. New York: Pearson. Obtenido  
de Conceptos básicos de diseño de pavimentos de concreto

IBCH. (s.f.). Diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles  
método de la Portland Cement Association. Ecuador: Instituto Boliviano del  
cemento y el hormigón.

INVIAS. (2008). Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajo,  
medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá: Instituto Colombiano de  
productores de cemento

MORA, A., & Arguelles, C. (2015). Diseño de Pavimento Rígido Para la  
Urbanización Caballero y Góngora, Municipio de Honda, Tolima. Bogotá:  
Universidad Católica de Colombia.

Leiva. E, (2021). Evolución de los métodos de diseño en los pavimentos flexibles.

Norma Técnica CE 010 PAVIMENTOS URBANOS Instituto de Construcción y  
Gerencia

Manual de carreteras Suelos, Geotecnia y Pavimentos Sección SUELOS Y  
PAVIMENTOS 2014

Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible (Gabriel Enrique  
Bonett Solano 2014)