

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO Y COSTO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO,
ENTRE PAVIMENTOS: RÍGIDOS Y FLEXIBLES CONSTRUIDOS EN
ESPECIFICAS VÍAS DE RIOBAMBA”**

Autor:

Jorge Israel Guano Merino

Tutor:

Víctor Renee Velásquez Benavides

Ing. MSc.

Riobamba - Ecuador

2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Jorge Israel Guano Merino**, con cédula de ciudadanía **1804547352**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Evaluación del tiempo y costo en el proceso constructivo, entre pavimentos: rígidos y Flexibles construidos en específicas vías de Riobamba”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 22 de Marzo de 2023.



Jorge Israel Guano Merino
C.I: 1804547352

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Evaluación del tiempo y costo en el proceso constructivo, entre pavimentos: rígidos y Flexibles construidos en específicas vías de Riobamba”, presentado por Jorge Israel Guano Merino, con cédula de identidad número 1804547352, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 22 de Marzo de 2023.

Ing./Mgs. Andrea Zarate
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO**



Firma

Ing./Mgs. Vladimir Pazmiño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing./Mgs. Ángel Paredes
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Ing./Mgs. Víctor Rene Velásquez Benavides
TUTOR



Firma

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi Santísima Virgen de Agua Santa quien con su bendición e podido cumplir este sueño.

A mis Padres por estar presentes ayudándome en todo momento con su apoyo incondicional.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, de manera especial a la Escuela de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, a sus autoridades y personal docente quienes con mucha paciencia, dedicación y vocación han compartido sus conocimientos para formar profesionales éticos y competentes que contribuyen con el desarrollo del país al ejercer esta hermosa carrera.

De manera especial al Ingeniero Víctor Renee Velásquez quien me ha impartido sus conocimientos y fue un guía durante el desarrollo de este proceso de Titulación.

DEDICATORIA

En primer lugar, le dedico a Dios y a mi Santísima Virgen de Agua Santa que han sido mi guía día a día para culminar esta carrera.

A mis Padres que con su esfuerzo, consejos y paciencia me han guiado para poder cumplir este sueño. Gracias por su ejemplo que en esta vida hay que luchar y luchar hasta alcanzar los objetivos y los sueños que uno se ha trazado.

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional y cariño durante toda mi formación académica; por estar en las adversidades durante esta carrera.

Finalmente, a todas las personas que formaron parte de durante mi proceso de formación para que este objetivo se cumpla con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona para cumplir esta meta.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
AGRADECIMIENTO.....	
DEDICATORIA.....	
RESUMEN	
ABSTRACT.....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Introducción.....	11
1.2 Planteamiento del Problema	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Proceso constructivo.....	15
2.2. Pavimento	15
2.3. Pavimento rígido.....	16
2.3.1 Concreto.....	17
2.3.2 Berma.....	20
2.3.3 Sub base.....	20
2.3.4 Subrasante.....	21
2.4. Pavimento flexible.....	21
2.4.1 Asfalto	22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 - Análisis comparativo del proceso constructivo entre el pavimento flexible y el pavimento rígido.....	31
CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Análisis del tránsito	43
4.1.1. Tráfico promedio diario semanal (TPDS)	43
4.1.2. Tráfico promedio diario anual (TPDA)	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	54
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de vías del sector urbano	26
Tabla 2 Vehículos motorizados matriculados según uso por provincias año 2019	26
Tabla 3 Costos de Pavimentos Flexibles	29
Tabla 4 Presupuesto de año 2016	29
Tabla 5 Presupuesto del año 2023	29
Tabla 6 Comparación del presupuesto del año 2016 y 2023	30
Tabla 7 Análisis de proceso constructivos entre el pavimento flexible y el pavimento rígido	31
Tabla 8 Deterioros	39
Tabla 9 Tráfico promedio semanal: Ingreso Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos	43
Tabla 10 Tráfico promedio semanal: Salida Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos.	43
Tabla 11 Tráfico promedio semanal: Totalizado Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos	44
Tabla 12 Tráfico promedio semanal por horas (Ingreso)	47
Tabla 13 Tráfico promedio semanal por horas (Salida)	47
Tabla 14 Tráfico promedio semanal por horas (Total).....	48
Tabla 15 Factor Horario.....	50
Tabla 16 Consumo de gasolina año 2020 por mes	51
Tabla 17 Tráfico promedio diario anual TPDA.....	52
Tabla 18 Tasa de crecimiento anual de tránsito vehicular.....	52
Tabla 19 TPDA proyectado	52
Tabla 20 Clasificación funcional de las vías en base del TPDA proyectado	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Disposición de las juntas transversales y longitudinales vista en planta	16
Figura 2 Detalle de junta longitudinal	17
Figura 3 Pavimento rígido	17
Figura 4 Junta de expansión tipo 3	18
Figura 5 Pavimento flexible	22
Figura 6 Metodología	24
Figura 7 Zona de estudio	25
Figura 8 Componentes del Asfalto	28
Figura 9 Tráfico semanal por días	45
Figura 10 Tráfico semanal por tipo de vehículo.....	45
Figura 11 Tráfico promedio semanal por horas	49

RESUMEN

La viabilidad es un factor predominante en el desarrollo de las ciudades por ende la investigación pretende visualizar el costo beneficio en los procesos constructivos entre dos tipos de pavimento, el rígido y el flexible, sus ventajas o beneficios, así como su desventajas, con lo cual facilitará la toma de decisiones de que proceso constructivo aplicarlo acorde a la realidad de la ciudad de Riobamba para subsanar sus necesidades de movilidad y viabilidad en el cantón, para lo cual mediante una investigación documental se pretende dar solución a los objetivos planteados, al igual que con el análisis comparativo para poder establecer las realidades de los dos pavimentos y establecer el mejor de ellos para dicha realidad, concluyendo que: Al considerar que pavimento es mejor para la ciudad, esto dependerá de varios factores principalmente el económico en este caso sería la mejor opción el pavimento flexible, al igual que por el tiempo constructivo, pero si se considera que el pavimento rígido requiere de menor mantenimiento que el flexible y su durabilidad es mayor se optaría por el rígido, considerando el tráfico o los medios de transporte que se van a movilizar por dicha vía se observa que la mayoría del tránsito es liviano ya que este bordea el 93% del total del tránsito analizado lo cual se optaría por la opción del pavimento flexible ya que de existir mayor concentración de tránsito pesado mejor sería el pavimento rígido al considerar que este presenta mayores resistencias para este tipo de tránsito.

Palabras claves: Pavimento flexible, pavimento rígido, proceso constructivo, movilidad, viabilidad, y tránsito.

ABSTRACT

Viability is a predominant factor in the development of cities, therefore the research aims to visualize the cost benefit in the construction processes between two types of pavement, rigid and flexible, its advantages or benefits, as well as its disadvantages, with which will facilitate the decision-making of which construction process to apply according to the reality of the city of Riobamba to correct its mobility and viability needs in the canton, for which through documentary research it is intended to provide a solution to the proposed objectives, as well as with the comparative analysis to be able to establish the realities of the two pavements and establish the best of them for said reality, concluding that: When considering which pavement is better for the city, this will depend on several factors, mainly the economic one, in this case it would be the best option the flexible pavement, as well as for the construction time, but if it is considered that the pavement r The rigid requires less maintenance than the flexible one and its durability is greater, the rigid one would be chosen, considering the traffic or the means of transport that are going to be mobilized through said route, it is observed that the majority of the traffic is light since it borders the 93 % of the total traffic analyzed, which would opt for the flexible pavement option, since if there is a greater concentration of heavy traffic, the rigid pavement would be better, considering that it has greater resistance to this type of traffic.

Keywords: Flexible pavement, rigid pavement, construction process, mobility, feasibility, and transit.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Como resultado de la creciente población urbana en relación con el total mundial, las ciudades se han convertido en un cúmulo de oportunidades y retos de habitabilidad y desarrollo. Las ciudades altamente dinámicas tradicionalmente se vinculan con el desarrollo económico y con las ventajas competitivas que ofrecen en el contexto global. En ese sentido, adquieren central importancia no solamente los flujos que construyen las urbes en comunicación con otras ciudades del planeta, sino también los que operan en su interior. Es bien sabido el efecto en la productividad laboral, el desgaste físico y mental, que genera un traslado en malas condiciones, ya ni se diga los costos que tiene para los habitantes (Cruz Muñoz, 2018).

Es importante que la entidad territorial haga un análisis de la situación actual con el fin de determinar si existe la necesidad de construir una vía urbana, y si el pavimento rígido es la mejor alternativa. Se deben considerar los problemas observados o percibidos por la comunidad o la alcaldía. Generalmente hay problemas como las malas condiciones de movilidad en el área urbana. Esto afecta los tiempos de viaje de los usuarios, los costos de transporte y la operación de los vehículos. También afecta el paisaje urbano de los municipios. Por eso las causas seleccionadas como las más probables son el deterioro o la inexistencia de las vías urbanas. En cuanto a al deterioro de las vías, se considera que existe construcciones sin consideraciones técnicas o que existe baja periodicidad en el mantenimiento. También malos drenajes de aguas lluvia. Así mismo, deficiente mantenimiento periódico o rutinario. El pavimento rígido es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada (Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas, Colombia, 2017).

El pavimento flexible, “son aquellos que tienen una carpeta de rodamiento formado por concreto de cemento asfáltico, apoyado generalmente sobre dos capas no rígidas definidas como la base y subbase.” Montejo (2012) En este mismo orden, Leguía y Pacheco (2016: p.23), indican que “el pavimento flexible resulta más económico en su

construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio.” Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas. Así, “las diferentes capas que conforman los pavimentos flexibles presentan características funcionales cuando trabajan como un paquete estructural (carpeta de rodamiento, base y sub base) Torres (2007) citados en (Baque Solis, 2020).

La investigación pretende visualizar el costo beneficio en los procesos constructivos entre dos tipos de pavimento, el rígido y el flexible, sus ventajas o beneficios, así como su desventaja, con lo cual facilitará la toma de decisiones de que proceso constructivo aplicarlo acorde a la realidad de la ciudad de Riobamba para subsanar sus necesidades de movilidad y viabilidad en el cantón.

1.2 Planteamiento del Problema

La red vial del Ecuador es un pilar básico para el fomento de la productividad basado en los principios de equidad, equivalencia, excelencia, sostenibilidad ambiental y competitividad que hace posible el cumplimiento del plan nacional de desarrollo y los principios del buen vivir o Sumak Kawsay. La infraestructura vial en el Ecuador, ha mantenido una historia de afectaciones constantes, como paralizaciones y colapso de puentes y caminos, generadas por el riesgo sísmico, factores climáticos, a los que por décadas los gobiernos provinciales y cantonales el gobierno nacional han tenido que afrontar con soluciones inmediatas y onerosas para el erario nacional, sin ningún soporte tecnológico que garantice una seguridad adecuada para el desarrollo (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

El conjunto de carreteras y caminos en Ecuador es conocido como red vial nacional, integrada por la red vial estatal (red primaria y secundaria, con 10.160 km), la red vial provincial (vías terciarias) y la red vial cantonal (caminos vecinales). La red vial estatal está integrada por las vías primarias y secundarias. El conjunto de vías primarias y secundarias son los caminos principales, donde se registra el mayor tránsito vehicular, a través de los cuales se intercomunican las capitales de provincia y las cabeceras de cantón, los puertos y pasos de frontera internacional y los grandes centros de actividad económica y de concentración de la población. En total, la red se extiende por 42.000 km. El 74 % de la red vial estatal está pavimentada y, según datos del Ministerio de Transporte, un 62 % se encuentra en buenas condiciones, pero sólo el 2 % de la red cantonal tiene un estado bueno. En términos de la red de carreteras total, hay cerca de 15.000 km pavimentados (Banco de desarrollo de América Latina [CAF] , 2020).

En el Ecuador la competencia de “planificar, construir y mantener la vialidad” es compartida por el nivel central, el provincial y el municipal. El nivel central se ocupa de red vial categorizada como nacional, los municipios de las vías en áreas consolidadas (o “urbanas”), y el resto de la red vial es de competencia provincial. Cada nivel de gobierno asume la administración de una red, dado que la conectividad y movilidad es de carácter estratégico, cuando una vía de la red vial nacional, regional o provincial atraviese una zona urbana, la jurisdicción y competencia sobre el eje vial, pertenecerá al gobierno central, regional, provincial, según el caso (Consorcio de gobiernos autónomos provinciales del Ecuador [CONGOPE], 2017)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer una comparativa entre el tiempo y costo en el proceso constructivo, de los pavimentos: rígidos y Flexibles construidos en específicas vías de Riobamba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Indagar los procesos constructivos entre el pavimento rígido y el pavimento flexible.
- Determinar los costos y tiempos de los procesos constructivos de los pavimentos rígidos y flexibles.
- Comparar los resultados obtenidos mediante un análisis de costo para indicar que tipo de pavimentos se adapta a la realidad de la ciudad de Riobamba.
- Comparar los resultados obtenidos mediante un análisis del beneficio para indicar que tipo de pavimentos se adapta a la realidad de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

ESTADO DEL ARTE

2.1. Proceso constructivo

La industria de la construcción, a diferencia de otras industrias, es una actividad en la que cada producto es diferente, es decir, ningún proyecto es o será igual a otro. En esta diferencia influyen aspectos como variabilidad de los materiales, variabilidad de la mano de obra, variabilidad del clima, variabilidad de la tecnología, etc. Esta condición particular hace que cada proyecto de construcción sea único y especial. Sin embargo, hay generalidades que es posible aplicar a cada proyecto con el objetivo de mejorar los procesos y por ende, el producto final. Para comenzar, es importante tener claro que la construcción se compone de una serie de operaciones y éstas a su vez se dividen en procesos compuestos por tareas, por lo cual es importante definir que un proceso constructivo se compone de una serie de tareas en las que intervienen recursos. Estos recursos son de orden tecnológico, material y humano (Hernández & Grettel, 2008).

El "proceso constructivo" se refiere al conjunto de fases, consecutivas o separadas en espacios de tiempo, necesarias para la materialización de un proyecto. Aunque cada proceso es propio para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar. Sin embargo, se debe contar con las habilidades necesarias, conocimientos y experiencia en el desarrollo de cada etapa del proceso para obtener excelentes resultados; porque de lo contrario una mala práctica puede ocasionar graves consecuencias de construcción (Prim, 2020).

2.2. Pavimento

Las estructuras de pavimento (EP) tienen como propósito absorber y luego disipar las cargas vehiculares a través de ésta, de manera que no afecten el comportamiento de la subrasante (SR). En otras palabras, debido a que las cargas vehiculares son transitorias, no le transmiten carga a la SR. Las EP están compuestas, por lo general, de una capa de rodadura que puede ser flexible o rígida, apoyada debidamente en capas de materiales granulares competentes. Dependiendo de la calidad y resistencia de la SR, los espesores totales de la EP pueden variar, siendo estos mayores para el caso de SR blandas. Los materiales granulares colocados como parte de la EP tienen altas resistencias bajo condiciones de compactación apropiadas y de humedad óptima, sin embargo, si se

permiten saturar por deficiencias en el drenaje, esta resistencia se ve disminuida y por lo tanto, las cargas vehiculares pueden afectar su comportamiento al igual que el de la SR. Lo anterior es fácilmente comprobable con los ensayos de CBRs, con los cuales se concluye que un material compactado adecuadamente, si se permite saturar, su valor de CBR o resistencia se ve reducido. La influencia del agua por lo tanto, en el comportamiento de los pavimentos o de la EP es definitiva, ya que puede afectar la resistencia de los materiales y por otra parte, inducir presiones hidrostáticas que pueden generar sobreesfuerzos en la carpeta de rodadura al tratar de levantarla y destruirla (Castaño Martínez y otros, 2009).

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico (Villanueva L. , 2004).

2.3. Pavimento rígido

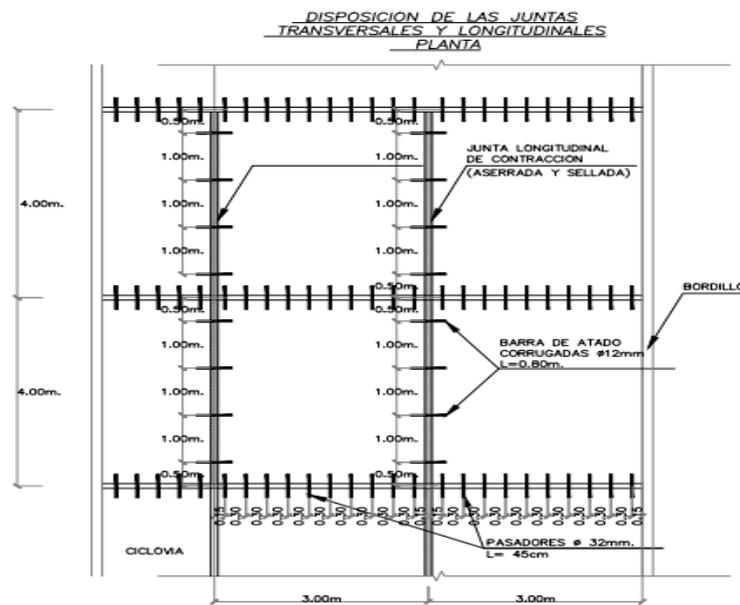


Figura 1 Disposición de las juntas transversales y longitudinales vista en planta

Fuente: EPMMOP Movilidad y Obras (2021-2023)

Actualmente, en la práctica moderna para resolver los problemas de drenaje en las áreas urbanas se encuentra la construcción de pavimentos con drenajes sostenibles ya que, a comparación del desarrollo de viabilidades típicas con estándares convencionales en el diseño y la construcción en sus superficies de rodamiento, los diversos problemas que se

presentan por el drenaje no son solucionados, los pavimentos rígidos permeables, empleados en áreas urbanas, permiten lograr un sistema de drenaje, que actué como sistema urbano de drenaje sostenible durante la presencia de lluvias en la localidad, haciendo énfasis a los parámetros de comportamiento, mecánicos e hidráulicos; puesto que el diseño convencional de pavimentos se centra más en la resistencia, mas no en la preservación del agua, el pavimento rígido permeable es una alternativa con aplicación eficiente en la evacuación del agua de lluvia y cumple los requerimientos estructurales, para un bajo tránsito vehicular (Guerra & Guerra, 2020).

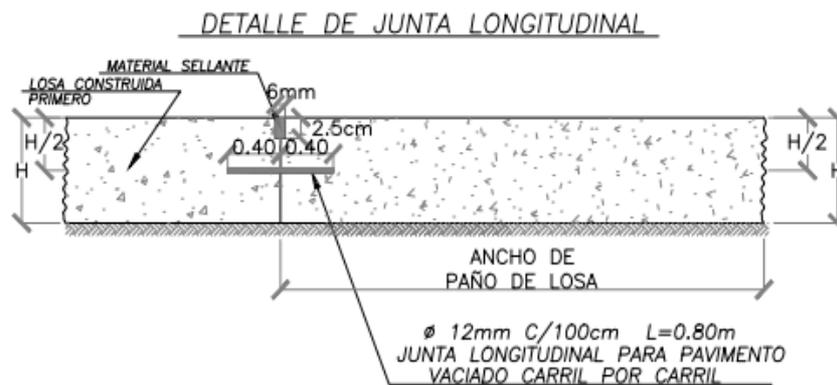


Figura 2 Detalle de junta longitudinal
Fuente: EPMMOP Movilidad y Obras (2021-2023)

Son aquellos que tienen una carpeta de rodadura conformada por concreto de cemento hidráulico. Recibe el nombre de pavimento rígido debido a las propiedades de la carpeta de concreto, que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares. Debido a la naturaleza rígida de la carpeta de rodadura, las cargas vehiculares se distribuyen en una forma más eficiente. Por ello, por lo general, requieren en su estructura de un menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la subrasante (Becerra, 2012).

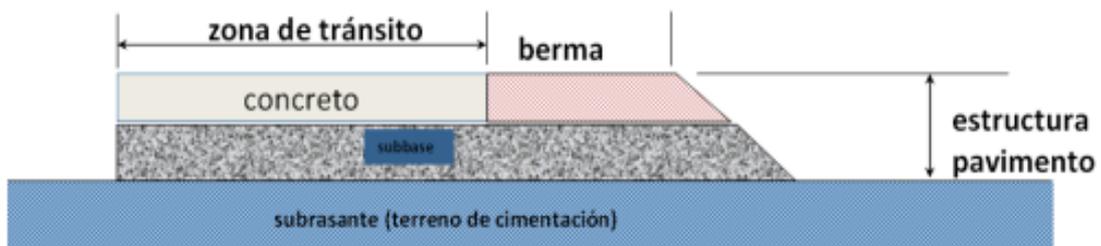


Figura 3 Pavimento rígido
Fuente: Becerra (2012)

2.3.1 Concreto

El concreto u hormigón es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta, a su vez, la pasta está constituida por agua y un producto aglomerante o conglomerante, que es el cemento, el agua cumple la doble misión de dar fluidez a la mezcla y de reaccionar químicamente con el cemento dando lugar con ello a su endurecimiento (Porrero y otros, 2014).

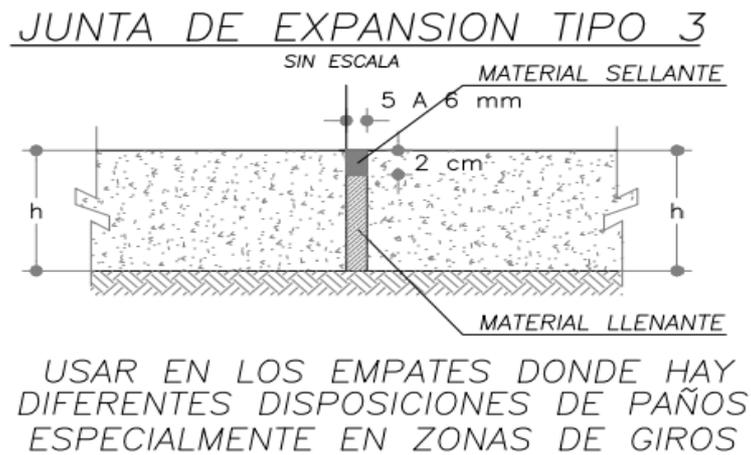


Figura 4 Junta de expansión tipo 3
Fuente: EPMMOP Movilidad y Obras (2021-2023)

Actualmente el concreto es el material de construcción más utilizado por el ser humano, existe el concreto vibrado como concreto auto compactante, para su fabricación se usan materias primas tales como arena y rocas que constituyen un aproximado del 65% al 75% del volumen total del concreto, así como agua, material cementante y aditivos varios que representan el volumen restante, esto se traduce entonces a nivel global en una demanda de varios millones de toneladas de materias primas que son procesadas anualmente Sabäu et al., (2015) y Becker (2013), citados en (Orozco y otros, 2018).

Tipos de Hormigón

Hormigón armado continuo

El hormigón armado continuo, que se caracteriza por la ausencia de juntas transversales, se elige frecuentemente para autopistas y carreteras principales. En esta solución, la retracción del hormigón se absorbe mediante pequeñas micro fisuras que no influyen ni en la regularidad superficial ni en la comodidad de la conducción. Independientemente del tipo de acabado superficial, la durabilidad del rozamiento precisa del uso de los áridos correctos en la capa superior del pavimento. Deben cumplir todos los requisitos de

resistencia a la abrasión, dureza y resistencia a las heladas. Una de las ventajas de los pavimentos de hormigón es que la resistencia al deslizamiento necesaria se alcanza inmediatamente después de colocarlos y además no se produce pérdida de árido fino (European concrete paving association e Instituto español del cemento y sus aplicaciones, 2017).

Hormigón compactado

Muy empleada en algunos países para la construcción o el refuerzo de pavimentos. sobre todo, con tráfico medio o bajo (por ejemplo, inferior a 300 vehículos pesados diarios) es la del hormigón compactado. Esta técnica, que es similar a la de las gravas tratadas con conglomerantes hidráulicos, permite construir pavimentos de hormigón con los equipos usuales (motoniveladoras, rodillos, etc. ...). Además, se puede abrir a la circulación inmediatamente después de su puesta en obra. lo que hace su aplicación particularmente adecuada para las obras en las que no se puede desviar el tráfico. En algunos casos se utilizan conglomerantes hidráulicos con un contenido de hasta un 50% de cenizas volantes u otras adicciones. Para conseguir un pavimento de buena calidad las exigencias tanto en la fabricación (regularidad de los contenidos de agua y conglomerante) como en la puesta en obra (obtención de una densidad adecuada, en particular en la parte inferior de la capa) son similares a las requeridas en las gravas tratadas. Presentan el inconveniente de que sus características superficiales son generalmente inferiores a las de los hormigones per vibrados de consistencia plástica, sobre todo, desde el punto de vista de la rugosidad y la regularidad superficial. Por esta razón estos pavimentos se recubren a veces con un tratamiento superficial o una capa de rodadura bituminosa. En lo que se refiere a la disposición de juntas deben respetarse las mismas reglas que con los pavimentos de hormigón per vibrado, salvo cuando vayan a recubrirse con una capa bituminosa, en cuyo caso es recomendable practicar juntas en fresco a distancias cortas (en general, entre 2.5 y 3.5 m) (European concrete paving association e Instituto español del cemento y sus aplicaciones, 2017).

Hormigón simple con juntas

Los pavimentos de hormigón simple son los habitualmente empleados debido a su confiabilidad y a su mejor relación costo – eficiencia. La fisuración es controlada dividiendo al pavimento en losas con una separación entre juntas transversales de 3,5m a

6,0m que depende, entre otros factores, del tipo de base, el espesor y el coeficiente de expansión térmica. Un factor importante que condiciona el desempeño de este tipo de pavimentos es la transferencia de carga a través de las juntas. Una mala transferencia de carga contribuye a problemas tales como el escalonamiento de las juntas, la erosión de las bases por eyección de agua con suelo fino (bombeo) y roturas de las esquinas. En este tipo de juntas existen dos mecanismos de transferencia de carga, la trabazón de los agregados y el empleo de pasadores. Estos pavimentos contienen una suficiente cantidad de juntas como para controlar la ubicación de todas las fisuras desarrolladas, con el fin de evitar la degradación progresiva de sus bordes y mantener su estanqueidad, además, son las encargadas de absorber los movimientos de expansión y contracción de las losas (Calo y otros, 2014).

2.3.2 Berma

Parte de la estructura de la vía, destinada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones, semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos y tránsito de vehículos de emergencia (Código nacional de tránsito terrestre, Colombia, 2002).

Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud (Scipion, 2011).

2.3.3 Sub base

Es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y su función es: Reducir el costo de pavimento disminuyendo el espesor de la base. Proteger a la base aislándola de la terracería, ya que, si el material de la terracería se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base, proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad, y transmitir y distribuir las cargas a las terracerías (Villanueva & Serra, 2021).

Es un material granular grueso, que se compone de un porcentaje de triturados, arena y una pequeña parte de materiales finos. Su capa se encuentra entre la base granular y la subrasante. Sus principales usos son: en la construcción de vías como capa en la instalación de pavimentos asfálticos y pavimentos de concreto, como material de soporte de sardineles y bordillos (Zapata, 2016).

2.3.4 Subrasante

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado, la subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento (Dirección general de inversión pública - DGIP, Perú, 2015).

El suelo es un material en el que se encuentran mezclas que pueden ser bien definidas, con unos pocos minerales, hasta heterogéneas; con granos de diferentes tamaños desde bloques o fragmentos de roca, pasando por gravas, arenas, hasta llegar a las arcillas y limos derivados de las rocas altamente meteorizadas, de planicies aluviales o de depósitos glaciares, la subrasante puede estar constituida por suelos en su estado natural (cortes), o por éstos con algún proceso de mejoramiento tal como sucede cuando se someten a una estabilización mecánica (terraplén) o mixtas, estabilización físico-química con aditivos como el cemento Portland, la cal o el asfalto, entre otras, y básicamente es la fundación sobre la cual el pavimento se construirá, es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, en especial en lo que se refiere a la resistencia y a los eventuales cambios de volumen, las que pueden ocasionar daños a las estructuras, durante la construcción del pavimento se construyen obras que ayudan a controlar los cambios de humedad del suelo y con ello se controlan las variaciones volumétricas del mismo (Londoño & Alvarez, 2008).

2.4. Pavimento flexible

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas, en el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de las capas. Los métodos de diseño de pavimentos descritos suponen que las deformaciones permanentes ocurren solamente en la subrasante, sin embargo, en vías donde se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez (vías de bajo tráfico) las capas granulares soportan el esfuerzo aplicado casi en su totalidad y la magnitud de dichos esfuerzos puede llegar a generar valores altos de deformación permanente. Por lo tanto, las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de reproducir el comportamiento de estos

materiales bajo diversas trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2007).

Estos pavimentos cuentan con una capa de rodamiento constituida por mezcla asfáltica, por lo que también se les conocen como pavimentos asfálticos. Resultan más económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil, el incremento, tanto en intensidad como en número de las aplicaciones de cargas, llevo en su momento a la realización de pavimentos con mayor capacidad estructural, recurriendo a capas tratadas o estabilizadas con cemento o con un espesor considerable de mezclas asfálticas, como las denominadas “full depth”, con espesores del orden de 30 cm. Estos pavimentos suelen incluirse también en el tipo de los pavimentos flexibles, debido a que tiene superficialmente capas asfálticas, pero su comporta-miento estructural es muy diferente, con capas inferiores de igual o mayor rigidez que las superiores (Tapia, 2018).

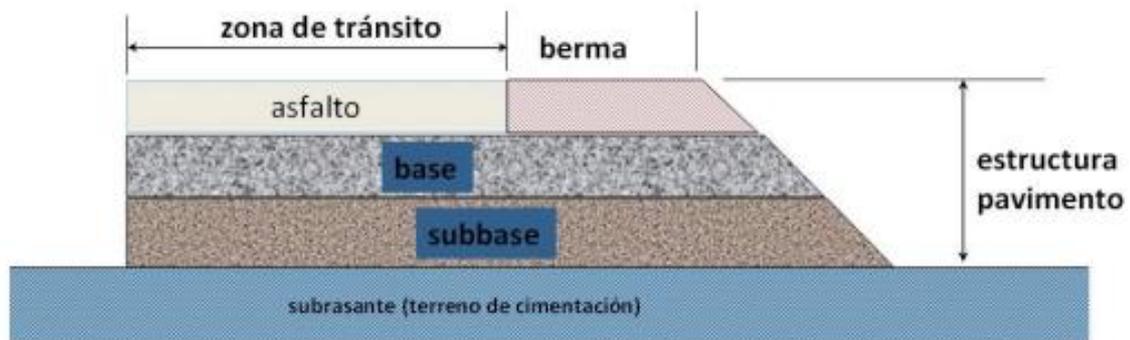


Figura 5 Pavimento flexible
Fuente: Becerra (2012)

2.4.1 Asfalto

El mejoramiento de las propiedades de los suelos con el añadido de asfalto y productos asfálticos es una técnica socorrida y frecuentemente muy efectiva, son tres los tipos de producto que se han usado para este fin, productos bituminosos, que son sistemas anhídridos de hidrocarburos totalmente solubles en bisulfuro de carbono, productos asfálticos, procedentes de la destilación y refinamiento del petróleo o asfaltos naturales, más raramente. y productos residuo de la destilación destructiva de materiales orgánicos, tales como el carbón, ciertos aceites, lignitos, turbas y madera (alquitranes) (Garnica y otros, 2012).

Los productos asfálticos y bituminosos en general, son normalmente demasiado viscosos para que se puedan incorporar directamente a los suelos; por ello deben usarse calentados, emulsificados en agua (emulsiones) o rebajados con un solvente, generalmente volátil, como la gasolina (Garnica y otros, 2012).

Las emulsiones y los asfaltos rebajados son los productos más usados en estabilizaciones de suelos, pero se emplean también alquitranes calentados o rebajados, los rebajados más usuales son los de fraguado lento y medio, pero en las arenas se han utilizado también los de fraguado rápido con éxito, los asfaltos emulsificados se usan con rompimiento medio y lento, las emulsiones son suspensiones muy finas de partículas de asfalto en agua y el asfalto se liga con el suelo cuando la suspensión se coagula (rompimiento). El momento en que tal coagulación ocurra determina la efectividad de la liga asfalto – suelo; si el rompimiento ocurre muy pronto, se tendrá una penetración escasa e inadecuada y esta es la razón por la que se evitan las emulsiones de rompimiento rápido, prácticamente todos los tipos de suelo responden a la estabilización con asfalto, incluyendo las arcillas más compresibles y activas, pero los mejores resultados se obtienen sin duda con arenas y con gravas arenosas, materiales a los que el asfalto da cohesión e impermeabilidad (Garnica y otros, 2012).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la metodología se basará en el esquema establecido en la siguiente figura con la cual se pretende resolver la problemática de investigación planteada mediante el cumplimiento de los objetivos establecidos:

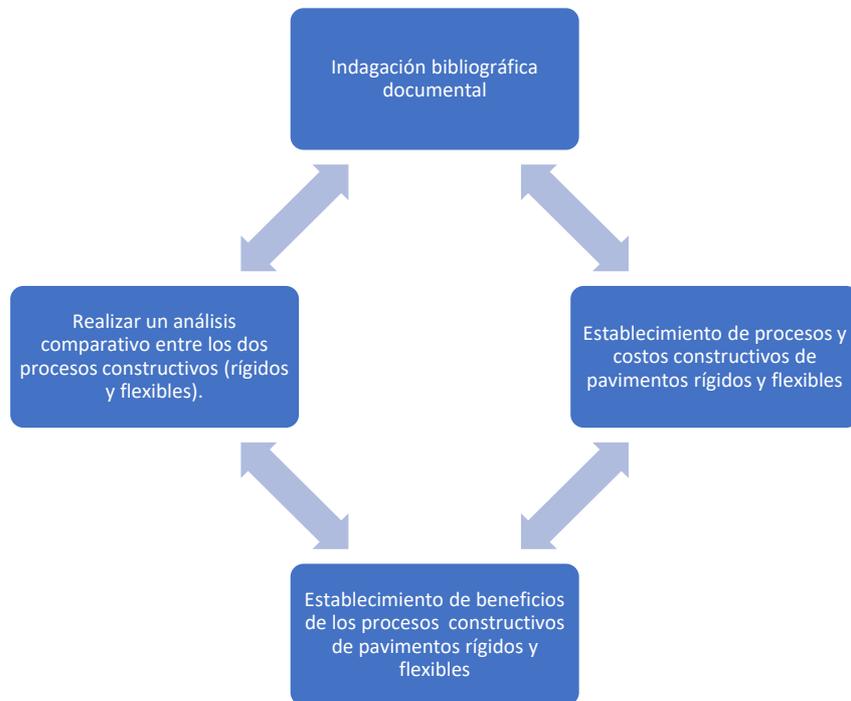


Figura 6 Metodología
Elaborado por: Autor

La investigación documental consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio. Las principales fuentes de información en este tipo de investigación son: documentos escritos (libros periódicos, revistas, actas notariales, tratados, conferencias escritas, etc.), documentos fílmicos (películas, diapositivas, etc.) y documentos grabados (discos, cintas, casetes, disquetes, etc.) (Arias, 2012).

Para la continuación del estudio, se realizó el análisis en la prolongación de la avenida Gonzalo Dávalos hasta la intersección de la avenida Leónidas Proaño de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, con una longitud de 1 Km.



Figura 7 Zona de estudio
Fuente: Google Earth (2022)

Descripción del cantón en el cual se desarrolla el estudio

El cantón Riobamba está situado a 2.754 metros sobre el nivel del mar, a 1° 41' 46" latitud Sur; 0° 3' 36" longitud Occidental del meridiano de Quito. Se encuentra a 175 km. al sur de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo, sus límites son al norte los cantones de Guano y Penipe, al sur los cantones de Colta y Guamote, al este el cantón Chambo y al oeste la provincia de Bolívar. Consta de cinco parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquíes; y de once parroquias rurales: San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijíes, San Luis, Pungalá y Licán. Según la información del Censo de Población y Vivienda 2010. El cantón Riobamba cuenta con una población de 225.741 habitantes, de los cuales 106.840 es decir el 47% son hombres y 118.901, el 53% son mujeres (Alcaldía de Riobamba, 2017).

El sistema vial está constituido por un conjunto de subsistemas que trabajan en coordinación unos con otros, conformando una unidad integral de 91.666 m. de vías internas. Cabe indicar que el sistema vial, está dividido en vías de primer orden, que se encuentran concesionadas a la empresa privada y cuyos contratos los ejecuta el gobierno central. El sistema vial de ámbito provincial que no incluya las zonas urbanas es competencia exclusiva del Gobierno Autónomo Descentralizado provincial conforme lo señala el Art. 42, literal b del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, en tanto el Art. 55 Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal, literal c) del mismo Código da la potestad a los Municipios de

ejercer jurisdicción sobre el tema únicamente dentro de los límites urbanos de cada cantón (Alcaldía de Riobamba, 2017).

Tabla 1 Tipo de vías del sector urbano

Tipo de vías	Longitud total (metros lineales)	Porcentaje
Asfalto	37583	41%
Adoquín piedra	11000	12%
Adoquín cemento	15583	17%
Tierra	27500	30%
Total	91666	100%

Fuente: GAD de Riobamba (2017)

Es importante visualizar el tamaño del parque automotor de la provincia de Chimborazo ya que estos serían los posibles usuarios de la vía en estudio por lo cual estos datos se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 2 Vehículos motorizados matriculados según uso por provincias año 2019

PROVINCIA	TOTAL	USO			
		Estado	Alquiler	Particular	Otros
TOTAL	2.311.960	29.641	180.895	2.100.470	954
AZUAY	145.729	1.560	10.627	133.530	12
BOLÍVAR	23.108	336	2.938	19.832	2
CAÑAR	39.545	360	3.698	35.486	1
CARCHI	20.322	216	3.496	16.608	2
COTOPAXI	67.665	2.201	7.461	57.995	8
CHIMBORAZO	69.578	1.130	7.240	61.204	4
EL ORO	112.297	1.178	10.153	100.959	7
ESMERALDAS	45.148	225	4.580	40.339	4
GUAYAS	529.908	3.135	27.139	499.514	120
IMBABURA	51.637	651	5.837	45.149	-
LOJA	63.283	682	5.593	57.004	4
LOS RÍOS	121.206	704	6.997	113.498	7
MANABÍ	198.801	1.138	14.025	183.625	13
MORONA SANTIAGO	13.907	408	1.412	12.086	1
NAPO	8.895	276	1.135	7.484	-
PASTAZA	10.997	351	1.139	9.506	1
PICHINCHA	521.946	11.954	39.589	469.652	751
TUNGURAHUA	101.471	1.038	10.682	89.746	5
ZAMORA CHINCHIPE	10.473	388	1.494	8.591	-
GALÁPAGOS	2.460	111	325	2.024	-
SUCUMBÍOS	27.927	435	2.708	24.782	2
ORELLANA	17.044	214	2.020	14.808	2
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	80.280	522	7.291	72.461	6
SANTA ELENA	28.333	428	3.316	24.587	2

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito - ANT (2019)

Cálculo de cantidades de obra

Para establecer un análisis comparativo en las mismas condiciones tanto para el pavimento flexible como para el pavimento rígido, se tomará para los dos tipos la misma longitud y ancho, las cuales serán, longitud 1 km y ancho 3.5 m.

Pavimento Flexible

Asfalto

$$\begin{aligned} \text{Asfalto} &= L * a \\ \text{Asfalto} &= 500 \text{ m} * 3.5 \text{ m} \\ \text{Asfalto} &= 142.85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sub Base

$$\begin{aligned} \text{Sub Base} &= L * e \text{ (Espesor)} \\ \text{Sub Base} &= 500 \text{ m} * 0.20 \text{ m} \\ \text{Sub Base} &= 100 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub Base} &= 500 \text{ m}^2 * 8h \\ \text{Sub Base} &= 4000 \text{ m}^2/\text{día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub Base} &= v/a \\ \text{Sub Base} &= 4000 \text{ m}^2/3.5 \text{ m}^2 \\ \text{Sub Base} &= 1142.85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub Base} &= 4000 \text{ m}^2 * 0.20 \text{ m} \\ \text{Sub Base} &= 800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub Base} &= 90 \text{ m}^3 * 1h/90 \text{ m}^3 \\ \text{Sub Base} &= 8.89 \text{ h} \end{aligned}$$

Base

$$\begin{aligned} \text{Base} &= L * a * e \text{ (espesor)} \\ \text{Base} &= 4000 \text{ m}^2 * 1.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Base = 600 m^2$$

$$Base = 75 m^2 * 1/600 m^2$$

$$Base = 8 h$$

Pavimento Rígido

Concreto

$$Concreto = L * a * e$$

$$Concreto = 4000 * 3.5 * 0.20$$

$$Concreto = 2800 m^3$$

Base

$$Base = L * a * e$$

$$Base = 4000 m^2 * 3.5 * 0.15$$

$$Base = 2100 m^2$$

Sub Base

$$Sub Base = L * a * e$$

$$Sub Base = 4000 m^2 * 3.5 * 0.10$$

$$Sub Base = 1400 m^3$$

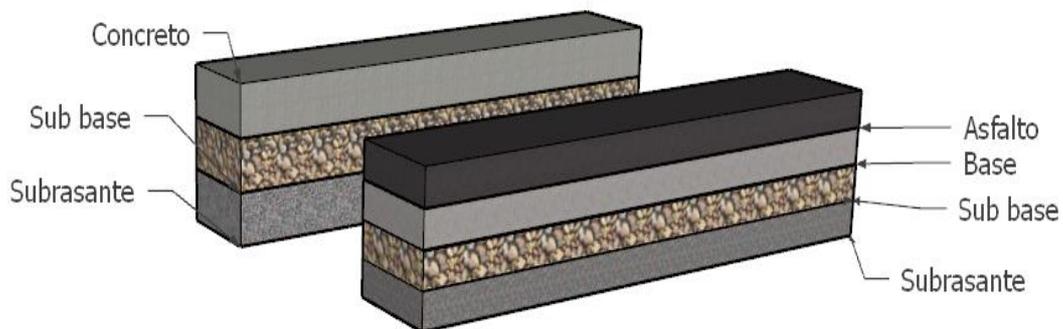


Figura 8 Componentes del Asfalto
Fuente: Google Earth (2022)

Costos

Tabla 3 Costos de Pavimentos Flexibles

Costos pavimento flexible				
Ítem	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub total
Base clase 2 e=(15cm)	m2	38060,66	1,56	59374.63
Carpetas Asfálticas e= (7.5cm)	m2	38060,66	10,80	411055.13
Sub base clase 3	m3	7612,12	8,52	64855.56
TOTAL				535285.02
Costos pavimento rígido				
Ítem	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub total
Sub base clase 3	m3	5709.09	7.10	40534.54
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m3	7612.13	91.42	695900.92
Escarificación, Recuperación y re conformación de Base	m3	38060.66	1.44	54807.35
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	3311.00	1.56	5165.16
TOTAL				796407.97

Elaborado por: Autor

Para hacer una comparación entre los presupuestos en el año 2016 y 2023, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 4 Presupuesto de año 2016

AÑO	2016	Diferencia	% Incremento
Pavimento Rígido	796.407,97	261.122,95	48.78
Pavimento Flexible	535.285,02		

Elaborado por: Autor

Tabla 5 Presupuesto del año 2023

AÑO	2023	Diferencia	% Incremento
Pavimento Rígido	960,861.40	344,431.08	55.80
Pavimento Flexible	616,430.32		

Elaborado por: Autor

Tabla 6 Comparación del presupuesto del año 2016 y 2023

AÑO	2016	2023	Diferencia	% Incremento
Pavimento Rígido	796.407,97	960.861,40	164.453,43	20.64
Pavimento Flexible	535.285,02	616.430,32	81145,3	15.15

Elaborado por: Autor

Al visualizar los costos en la tabla anterior considerando los rubros que se diferencian en su elaboración, se observa que la diferencia entre el pavimento rígido y el pavimento flexible es una variación mayor del 50% siendo la más económica la del pavimento flexible.

Tiempos de duración

Se ha demostrado los períodos de diseño para los pavimentos flexibles son menores que para los pavimentos rígidos, por ejemplo, el Manual Peruano 2014 de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, recomienda períodos de diseño de 10 a 20 años para pavimentos flexibles y de un mínimo de 20 años para pavimentos de concreto, esta recomendación refleja la percepción de que los pavimentos rígidos tienen una vida más larga que los flexibles, sin embargo, es posible diseñar pavimentos rígidos para 10 años, restringir el uso de los pavimentos rígidos solo para proyectos con una vida en servicio de 20 años o más reduce aplicaciones que en la práctica son viables, como por ejemplo en los pavimentos urbanos en donde la alternativa de pavimentos de concreto es una posibilidad. (Chang, 2015)

De lo expuesto anteriormente se puede establecer que el tiempo de duración es mayor el del pavimento rígido que del pavimento flexible, en una relación de dos a uno o de tres a uno.

3.1 - Análisis comparativo del proceso constructivo entre el pavimento flexible y el pavimento rígido.

Tabla 7 Análisis de proceso constructivos entre el pavimento flexible y el pavimento rígido

ANÁLISIS COMPARATIVO			
PAVIMENTO FLEXIBLE		PAVIMENTO RÍGIDO	
<p>E0estructura</p> <p>Las capas de un pavimento flexible se colocan en orden descendente en capacidad de carga, lo que indica que la capa superior es la que mayor capacidad portante tiene de todas las que se disponen, por lo que la estructura como tal del pavimento es la que soporta la mayor parte como tal de las cargas de los vehículos y las cargas restantes se transfieren a la</p>	<p>Asfalto</p> <p>El asfalto es un material que se puede encontrar en varias consistencias, caracterizado por ser de color oscuro, uno de los componentes más importantes del asfalto es un derivado del petróleo, el bitumen, con función aglutinante (González, 2018).</p> <p>Proceso constructivo del asfalto:</p> <p>Transporte y colocación</p> <p>Preparación de la Superficie Antes de iniciar las faenas de colocación de las mezclas asfálticas, se deberá verificar que la superficie satisfaga los requerimientos establecidos para Imprimación, si corresponde a una base estabilizada, Las mezclas deberán transportarse a los lugares de colocación en camiones tolva convenientemente preparados para ese objetivo, cubiertos con carpa térmica y distribuirse mediante una terminadora autopropulsada. La superficie sobre la cual se colocará la mezcla deberá estar seca. En ningún caso se pavimentará sobre superficies congeladas</p>	<p>Estructura</p> <p>Los pavimentos rígidos son estructuras para vialidades que generalmente tienen una superficie de rodamiento en base a concreto hidráulico reforzado con acero. Tienen una durabilidad y resistencia mucho más grande que los pavimentos flexibles, aunque su costo también es mayor. “Las presiones transmitidas a la estructura de terracerías son</p>	<p>Concreto</p> <p>Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla (Alicaresp, 2018).</p> <p>Proceso constructivo del concreto:</p> <p>Disposición de los moldes y su preparación para el hormigonado</p>

<p>subrasante (Garzón & Hernández, 2018).</p>	<p>o con tiempo brumoso o lluvioso, o cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C. Cuando la temperatura ambiente descienda de 10°C o existan vientos fuertes deberá tomarse precauciones especiales para mantener la temperatura de compactación. No se aceptará camiones que lleguen a obra con temperatura de la mezcla inferior a 120° C. La temperatura de la mezcla al inicio del proceso de compactación no podrá ser inferior a 110° C (Catalanca, 2015).</p> <p>Compactación</p> <p>Una vez esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, la mezcla deberá compactarse hasta que alcance una densidad no inferior al 97% ni superior al 102 % de la densidad Marshall. La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberá ser el adecuado para alcanzar la densidad requerida dentro del lapso durante el cual la mezcla es trabajable. la compactación deberá comenzar por los bordes más bajos para proseguir longitudinalmente en dirección paralela con el eje de la vía, traslapando cada pasada en un mínimo de 15 cm, avanzando gradualmente hacia la parte más alta del perfil transversal. Cuando se paviamente una pista adyacente a otra colocada previamente, la junta longitudinal deberá compactarse en primer lugar, para enseguida continuar con el proceso de compactación antes descrito. En las curvas con peralte la</p>	<p>menores en los pavimentos de concreto hidráulico (León, 2011)</p>	<p>Los moldes deberán ser asentados sobre la capa subyacente y quedar lo suficientemente firmes, en dirección o alineados con el eje de la pista. Deberán ser fijados con puntas de acero, a cada metro como máximo, de modo de soportar, sin dislocamientos, los esfuerzos inherentes al trabajo. Para un perfecto asentamiento de los moldes, estos deben ser sujetados en toda su extensión, no se permitirán apoyos aislados. El extremo superior de los moldes deberá coincidir con el nivel de la superficie del hormigón a colocarse, es necesario una verificación del alineamiento y de la nivelación, se admiten desvíos altimétricos hasta 3mm y diferencias planimétricas no superiores a 5 mm con relación al proyecto. Se debe realizar la verificación de la profundidad del molde en todo el ancho de la sección transversal, no admitiéndose un espesor inferior al especificado en el diseño. En el caso de que se haya indicado la colocación de una película impermeabilizante y aislante sobre la superficie de la sub-base, esta debe ser verificada, tomando en cuenta si se estira adecuadamente y si las costuras están hechas con un traslape de por lo menos 20cm. Los moldes deberán ser engrasados para facilitar el desmolde (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p>
---------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>compactación deberá comenzar por la parte baja y progresar hacia la parte alta con pasadas longitudinales paralelas al eje. Los rodillos deberán desplazarse lenta y uniformemente con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora. La compactación deberá continuar hasta eliminar toda marca de rodillo y alcanzar la densidad especificada. Las maniobras de cambios de velocidad o de dirección de los rodillos no deberán realizarse sobre la capa que se está compactando. En las superficies cercanas a aceras, cabezales, muros y otros lugares no accesibles por los rodillos descritos, la compactación se deberá realizar por medio de rodillos de operación manual, y de peso estático mínimo 2 ton, asegurando el número de pasadas que corresponda para alcanzar los requisitos de densidad exigidas (Catalanca, 2015).</p> <p>Base son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la subrasante (infraestructura). Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, la ubicación de estos materiales dentro de la estructura de un pavimento (superestructura), está dada por las propiedades mecánicas de cada una de ellas (VISE, 2021).</p>		<p>Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón El hormigón podrá ser producido en mezcladoras estacionarias o en plantas centrales, pudiendo ser medidos los materiales tanto en masa como en volumen, excepto el cemento, que siempre deberá ser medido en masa. En el caso que el hormigón sea proporcionado por la planta de dosificación, deberá cumplirse con las condiciones establecidas en la ASTM C 94. El colocado del hormigón se hará preferentemente por fuera de la faja de hormigonado para evitar el tráfico en la sub-base. El transporte del hormigón, cuando no sea efectuado en camión mezclador, deberá ser realizado con equipos capaces de evitar la segregación de los materiales que componen la mezcla. El período máximo entre el mezclado (a partir de la adición de agua) y el colocado, será de treinta minutos, la re-dosificación está prohibida en cualquier forma. Cuando se utilice camión mezclador y exista una agitación del hormigón durante el transporte y la descarga, este plazo podrá ser prorrogado hasta 90 minutos. El tiempo para poner en marcha el colocado del hormigón, depende del tiempo de inicio de fraguado y de la pérdida significativa de la consistencia del hormigón. El esparcido del hormigón se llevará a cabo con el auxilio de herramientas manuales, o ejecutado eventualmente con maquinaria. Sin embargo,</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Proceso constructivo de la sub base:</p> <p>Transporte La base granular será transportada y extendida en una capa uniforme por medio de una moto niveladora de tal forma que forme una capa suelta de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada (SILVA, 2010)</p> <p>En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm) (Huertas & Santos, 2018)</p> <p>Humidificación En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación (Huertas & Santos, 2018).</p> <p>Compactación</p>		<p>cualquier proceso utilizado debe garantizar una distribución homogénea con el fin de mantener constante el espesor de la capa a compactar (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p> <p>Compactado del hormigón En caso de hacerse con vibradores de inmersión y una regla vibratoria, en las esquinas del encofrado deben utilizarse los vibradores, con el fin de corregir las deficiencias en la compactación superficial del hormigón con la regla vibratoria. La verificación de la regularidad de la superficie longitudinal debe hacerse utilizando una regla de 3 m de longitud. Cualquier variación en la superficie superior a 5 mm, es una depresión o una protuberancia que debe ser corregida al instante, las protuberancias o salientes deben ser cortadas y las depresiones rellenadas con hormigón fresco (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p> <p>Acabado final del hormigón Inmediatamente después del compactado del hormigón se debe comenzar la operación de acabado, que consiste inicialmente, en pasar longitudinalmente la regla de acabado final o el fratás, en movimientos de vaivén. A continuación, se debe proceder con el acabado final mediante la aplicación de tiras de lona,</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios con un peso mínimo de 10 toneladas. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior (Huertas & Santos, 2018).</p> <p>Sub Base Es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub-base (VISE, 2021).</p> <p>Proceso constructivo de la sub base:</p> <p>Transporte Las volquetas dejan el material de subbase sobre la superficie de la subrasante, luego este se extiende usando motoniveladora o minicargador con un espesor uniforme de manera que al compactarlo quede al nivel indicado, todo esto se realiza con ayuda del topógrafo, que va indicando a qué nivel debe estar la capa de subbase (Ortiz, 2017).</p>		<p>peine texturizador o cepillos de cerdas de nylon con movimientos de un lado a otro, de manera de generar una textura mediante ranuras en la superficie de la losa. La tira de lona debe ser aplicada a través de un movimiento oscilante de vaivén, mientras que el peine texturizador o el cepillo, se debe pasar en la dirección transversal a la losa hormigonada. Las ranuras del texturizado deben ser continuas y uniformes a lo largo del ancho de la losa (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p> <p>Sub Base La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Humidificación De ser necesario se debe humedecer o airear el material para obtener la humedad optima de compactación, luego con la motoniveladora o minicargador se mezcla homogéneamente y se extiende el material con el espesor adecuado (Ortiz, 2017).</p> <p>Compactación Por último se compacta la capa de subbase de manera que se alcancen las densidades adecuadas y se verifica que el nivel sea el indicado en los planos, antes de continuar con la otra capa se realiza un ensayo para determinar y verificar que la densidad de la capa sea la adecuada, se puede hacer el ensayo del cono de arena. Este ensayo lo realiza personal capacitado (Ortiz, 2017).</p> <p>Sub Rasante 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. (Bonett, 2014)</p> <p>Proceso constructivo de la sub rasante:</p> <p>Escarificación y homogeneización de la sub rasante.- El procedimiento consiste en disgregar</p>		<p>absorbido por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías (Alicaresp, 2018).</p> <p>Proceso constructivo de la sub base: Se llevará a cabo en conformidad con las especificaciones establecidas en las especificaciones técnicas del proyecto para el tipo diseñado y debe mantener su forma geométrica hasta el momento de colocado del hormigón para pavimento rígido (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p> <p>Sub Rasante La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos. Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiriera una condición suelta (Bonett, 2014).</p> <p>Humectación del suelo subrasante.- 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 ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo proctor (Bonett, 2014).</p> <p>Aireación del suelo de 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 o compactar y escarificar el suelo en varias pasadas, hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ de la humedad óptima de compactación, según las especificaciones del ensayo proctor (Bonett, 2014).</p> <p>Compactación de la subrasante. - Al efectuarse la operación de compactación, después de realizar la nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de subrasante, mediante las técnicas convencionales en el movimiento de tierras, se realiza una compactación con un rodillo</p>		<p>transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño (Alicaresp, 2018).</p> <p>Proceso constructivo de la sub rasante: La subrasante debe ajustarse de acuerdo con las características que se indican en las especificaciones técnicas del proyecto. Concluida la operación de preparación de la subrasante, esta será ensayada por medio de pruebas de carga para determinar el coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200 m, en puntos donde se considere necesario. Puede ser admitido que el control del coeficiente de balasto sea realizado mediante la ejecución de ensayos de Índice de Soporte de California (CBR), en una cantidad estadísticamente significativa, desde la cual se evaluará su correspondencia con el coeficiente de balasto (k) por medio de curvas de correlación adecuadas (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2012).</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

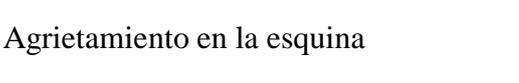
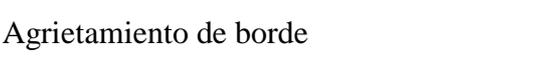
	<p>compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio dependiendo del tipo de material, con lo que se busca una densidad que cumpla con la del proctor. Para dar por finalizada esta operación, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material que se ha controlado por el laboratorio y los niveles que deben ser controlados por la topografía. 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 terminado(Bonett, 2014).</p>		
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Elaborado por: Autor

Al establecer una comparativa entre los procesos constructivos se establece que en los dos tipos de pavimentos tanto en el rígido como en el flexible, los dos cuentan con sub base y la sub rasante, diferenciándose en que en el flexible cuenta con base y asfalto es decir son 4 capas las que conforman la estructura del pavimento flexible y a su vez el pavimento rígido cuenta con una más que es la del concreto teniendo de esta manera 3 capas que conforman el pavimento rígido.

Deterioros

Tabla 8 Deterioros

Deterioros	
Pavimentos Rígidos	Pavimentos Flexibles
<p>Agrietamiento longitudinal</p> 	<p>Agrietamiento tipo piel de cocodrilo</p> 
<p>Agrietamiento transversal</p> 	<p>Agrietamiento en bloque</p> 
<p>Agrietamiento en la esquina</p> 	<p>Agrietamiento de borde</p> 



Escalonamiento



Agrietamiento longitudinal



Levantamiento localizado (Blow up)



Agrietamiento transversal



Desintegración



Agrietamiento parabólico



Pérdida de sello en las juntas



Agrietamiento por reflexión



Separación de la junta longitudinal



Baches



Surgencia de finos



Ahuellamiento o roderas



Exudación



Levantamientos



Pérdida de áridos (desprendimientos)



Fuente: Hurtado (2016)

CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del tránsito

Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularán por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica (Corredor, 2008).

Al realizar el análisis de tránsito se pretende calcular el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS) por lo cual la observación de tránsito en la vía de estudio en los dos sentidos se realizó durante 7 días de lunes a domingo, con esta información posteriormente se calculó el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

4.1.1. Tráfico promedio diario semanal (TPDS)

Tabla 9 Tráfico promedio semanal: Ingreso Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos

Tráfico promedio semanal: Ingreso Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos								
Tipo de vehículo	Días							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Automóvil	6296	6282	9268	5934	6282	5883	4749	44694
Camioneta	1600	1525	1859	1392	1525	1555	801	10257
Suv	930	949	937	900	949	1078	434	6177
Van	192	207	227	179	207	235	162	1409
Bus 2 ejes	162	154	229	157	154	94	48	998
Camión 2 ejes	435	428	531	432	428	479	53	2786
Camión 3 ejes	35	45	46	21	45	48	34	274
Camión mas de 4 ejes	14	14	24	13	14	11	16	106
Motos	220	223	316	206	223	251	282	1721
Otros	49	50	81	53	50	50	78	411
Total	9934	9877	13519	9289	9877	9685	6657	68838

Elaborado por: Autor

Tabla 10 Tráfico promedio semanal: Salida Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos

Tráfico promedio semanal: Salida Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos								
Tipo de vehículo	Días							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Automóvil	5883	6405	9856	5698	6405	6437	4993	45677
Camioneta	1555	1532	2222	1501	1532	1616	801	10759

Suv	1078	890	1552	1128	890	944	434	6916
Van	235	219	242	198	219	196	162	1471
Bus 2 ejes	94	89	141	96	89	165	48	722
Camión 2 ejes	479	441	635	486	441	445	53	2980
Camión 3 ejes	48	45	72	54	45	35	34	333
Camión más de 4 ejes	11	14	30	15	14	14	16	114
Motos	251	257	414	249	257	231	211	1870
Otros	50	82	111	56	82	53	62	496
Total	9685	9974	15275	9482	9974	10137	6815	71342

Elaborado por: Autor

Tabla 11 Tráfico promedio semanal: Totalizado Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos

Tráfico promedio semanal: Total Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos								
Tipo de vehículo	Días							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Automóvil	12179	12687	19124	11632	12687	12320	9742	90371
Camioneta	3155	3057	4081	2893	3057	3171	1602	21016
Suv	2008	1839	2489	2028	1839	2022	868	13093
Van	427	426	469	377	426	431	324	2880
Bus 2 ejes	256	243	370	253	243	259	96	1720
Camión 2 ejes	914	869	1166	918	869	924	106	5766
Camión 3 ejes	83	90	118	75	90	83	68	607
Camión mas de 4 ejes	25	28	54	28	28	25	32	220
Motos	471	480	730	455	480	482	493	3591
Otros	99	132	192	109	132	103	140	907
Total	19617	19851	28793	18768	19851	19820	13471	140171

Elaborado por: Autor

En las tablas 4, 5 y 6 se observa, los datos obtenidos de la visualización del tráfico del ingreso, salida y del totalizado de la vida Av. Héroes de Tapi – Av. Gonzalo Dávalos, los mismos que fueron en un lapso de una semana completa es decir de lunes a domingo, obteniéndose los siguientes resultados:

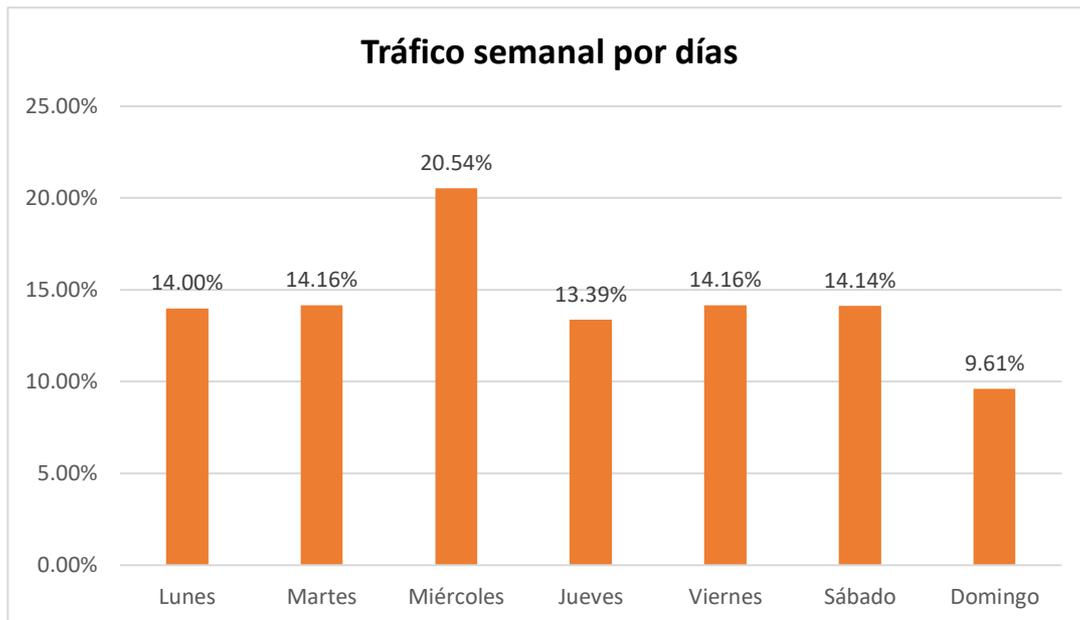


Figura 9 Tráfico semanal por días
Elaborado por: Autor

Al analizar los resultados obtenidos en la figura 5 se observa que, la concentración del tráfico mayoritariamente se encuentra, en el día miércoles con un 20,54% y el día con menos afluente vehicular es el día domingo con un 9,61%, el resto de días tienen una densidad vehicular similar la misma que esta entre el 13% y el 14,5%

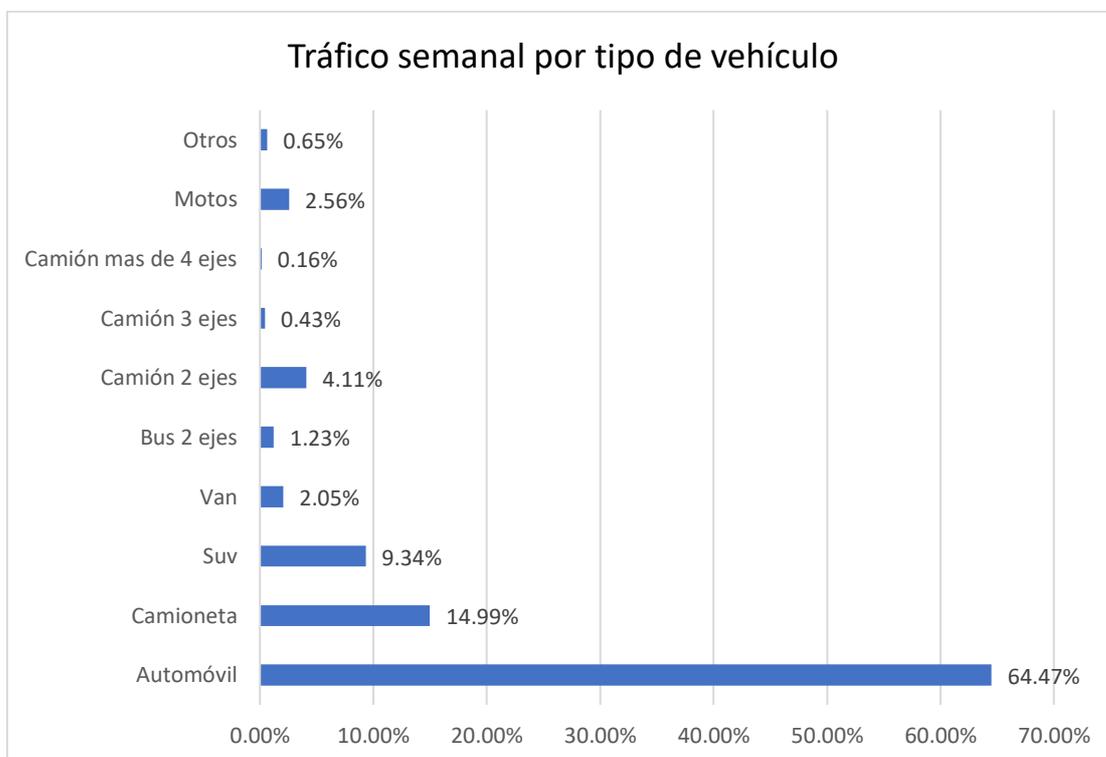


Figura 10 Tráfico semanal por tipo de vehículo
Elaborado por: Autor

Es importante también tomar en cuenta el tipo de vehículo que circula por la vía en estudio por lo cual en la figura 6, se observa la estratificación del tránsito vehicular siendo el que más circula el automóvil abarcando un 64,47% del total de vehículos que transitan por esta vía, y los que menos circulan son los camiones de 4 ejes con un 0,16% del total del tránsito en el período de tiempo analizado.

$$TPDS = \frac{TS}{ND}$$

Donde:

TPDS = Tráfico promedio diario semanal

TS = Tráfico semanal total de los dos sentidos

ND = Número de días

$$TPDS = \frac{TS}{ND}$$

$$TPDS = \frac{140171}{7}$$

$$TPDS = 20021,43$$

$$TPDS = 20021$$

4.1.2. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Se abrevia con las letras TPDA y representa el tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, o sea que es el volumen de tránsito promedio por día. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la carretera (Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador, 2013).

Para poder establecer el TPDA y según recomendaciones del MTOP (2013), se necesita calcular por el factor de ajuste horario, y el factor de ajuste semanal y el factor de ajuste mensual.

Factor de ajuste de horario (Fh)

Tabla 12 Tráfico promedio semanal por horas (Ingreso)

Tráfico promedio semanal por horas: Ingreso Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos											
Hora		Vehículos									
Inicial	Final	Automóvil	Camioneta	Suv	Van	Bus 2 ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión mas de 4 ejes	Motos	Otros
00:00:00	01:00:00	11	1	1	0	0	1	0	0	0	0
01:00:00	02:00:00	8	1	1	0	0	1	0	0	0	0
02:00:00	03:00:00	8	1	0	0	0	1	0	0	0	0
03:00:00	04:00:00	10	1	1	0	0	1	0	0	0	0
04:00:00	05:00:00	17	1	1	0	0	2	0	0	1	0
05:00:00	06:00:00	41	6	2	0	0	1	0	0	3	1
06:00:00	07:00:00	503	96	55	22	10	17	5	1	20	5
07:00:00	08:00:00	684	114	50	22	10	30	5	2	20	10
08:00:00	09:00:00	564	103	45	10	12	37	1	0	18	2
09:00:00	10:00:00	465	129	62	12	11	33	2	1	15	2
10:00:00	11:00:00	399	108	71	11	16	31	4	2	15	3
11:00:00	12:00:00	382	114	73	15	11	30	3	1	12	3
12:00:00	13:00:00	519	137	82	22	12	36	2	1	23	3
13:00:00	14:00:00	527	127	90	26	11	34	1	1	25	6
14:00:00	15:00:00	441	103	77	12	11	31	2	2	19	5
15:00:00	16:00:00	511	130	81	13	12	35	2	1	24	6
16:00:00	17:00:00	437	106	69	14	11	31	5	1	18	2
17:00:00	18:00:00	486	119	84	16	8	32	6	2	20	9
18:00:00	19:00:00	107	20	14	3	2	6	1	0	5	1
19:00:00	20:00:00	98	19	9	1	2	4	0	0	2	1
20:00:00	21:00:00	65	14	7	1	1	1	0	0	3	0
21:00:00	22:00:00	44	10	4	1	1	1	0	0	2	0
22:00:00	23:00:00	34	4	2	0	1	1	0	0	1	0
23:00:00	00:00:00	24	2	1	0	1	1	0	0	0	0
Total		6385	1466	882	201	143	398	39	15	246	59

Elaborado por: Autor

Tabla 13 Tráfico promedio semanal por horas (Salida)

Tráfico promedio semanal por horas: Salida Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos											
Hora		Vehículos									
Inicial	Final	Automóvil	Camioneta	Suv	Van	Bus 2 ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión mas de 4 ejes	Motos	Otros
00:00:00	01:00:00	11	1	1	0	0	1	0	0	0	0
01:00:00	02:00:00	8	1	1	0	0	1	0	0	0	0
02:00:00	03:00:00	8	1	0	0	0	1	0	0	0	0
03:00:00	04:00:00	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0
04:00:00	05:00:00	17	1	1	0	0	2	0	0	0	0
05:00:00	06:00:00	41	6	2	0	0	1	0	0	3	3
06:00:00	07:00:00	466	89	48	16	12	15	3	1	17	6
07:00:00	08:00:00	554	113	58	23	10	35	3	1	24	10
08:00:00	09:00:00	545	109	52	9	8	37	1	0	16	3
09:00:00	10:00:00	474	125	62	11	10	32	1	1	16	2
10:00:00	11:00:00	431	120	66	12	9	34	7	2	15	4
11:00:00	12:00:00	416	112	73	15	6	28	6	1	16	2
12:00:00	13:00:00	521	129	74	20	7	40	3	3	24	3
13:00:00	14:00:00	608	148	110	32	9	34	2	2	25	7
14:00:00	15:00:00	492	116	93	13	8	38	3	1	23	5
15:00:00	16:00:00	511	137	95	18	6	44	3	1	27	6
16:00:00	17:00:00	474	114	86	16	10	30	7	2	22	8
17:00:00	18:00:00	527	135	106	20	5	34	8	1	21	9

18:00:00	19:00:00	124	33	22	2	2	9	1	0	7	2
19:00:00	20:00:00	93	18	18	1	1	4	0	0	5	0
20:00:00	21:00:00	78	14	10	1	0	3	0	0	3	1
21:00:00	22:00:00	57	8	6	1	0	2	0	0	2	0
22:00:00	23:00:00	41	3	3	0	0	0	0	0	1	0
23:00:00	00:00:00	18	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Total		6525	1537	988	210	103	426	48	16	267	71

Elaborado por: Autor

Tabla 14 Tráfico promedio semanal por horas (Total)

Tráfico promedio semanal por horas: Total Av. Héroes de Tapi - Av. Gonzalo Dávalos											
Hora		Vehículos									
Inicial	Final	Automóvil	Camioneta	Suv	Van	Bus 2 ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión mas de 4 ejes	Motos	Otros
00:00:00	01:00:00	22	2	2	0	0	2	0	0	0	0
01:00:00	02:00:00	16	2	2	0	0	2	0	0	0	0
02:00:00	03:00:00	16	2	0	0	0	2	0	0	0	0
03:00:00	04:00:00	20	2	1	0	0	2	0	0	0	0
04:00:00	05:00:00	34	2	2	0	0	4	0	0	1	0
05:00:00	06:00:00	82	12	4	0	0	2	0	0	6	4
06:00:00	07:00:00	969	185	103	38	22	32	8	2	37	11
07:00:00	08:00:00	1238	227	108	45	20	65	8	3	44	20
08:00:00	09:00:00	1109	212	97	19	20	74	2	0	34	5
09:00:00	10:00:00	939	254	124	23	21	65	3	2	31	4
10:00:00	11:00:00	830	228	137	23	25	65	11	4	30	7
11:00:00	12:00:00	798	226	146	30	17	58	9	2	28	5
12:00:00	13:00:00	1040	266	156	42	19	76	5	4	47	6
13:00:00	14:00:00	1135	275	200	58	20	68	3	3	50	13
14:00:00	15:00:00	933	219	170	25	19	69	5	3	42	10
15:00:00	16:00:00	1022	267	176	31	18	79	5	2	51	12
16:00:00	17:00:00	911	220	155	30	21	61	12	3	40	10
17:00:00	18:00:00	1013	254	190	36	13	66	14	3	41	18
18:00:00	19:00:00	231	53	36	5	4	15	2	0	12	3
19:00:00	20:00:00	191	37	27	2	3	8	0	0	7	1
20:00:00	21:00:00	143	28	17	2	1	4	0	0	6	1
21:00:00	22:00:00	101	18	10	2	1	3	0	0	4	0
22:00:00	23:00:00	75	7	5	0	1	1	0	0	2	0
23:00:00	00:00:00	42	5	2	0	1	1	0	0	0	0
Total		12910	3003	1870	411	246	824	87	31	513	130

Elaborado por: Autor

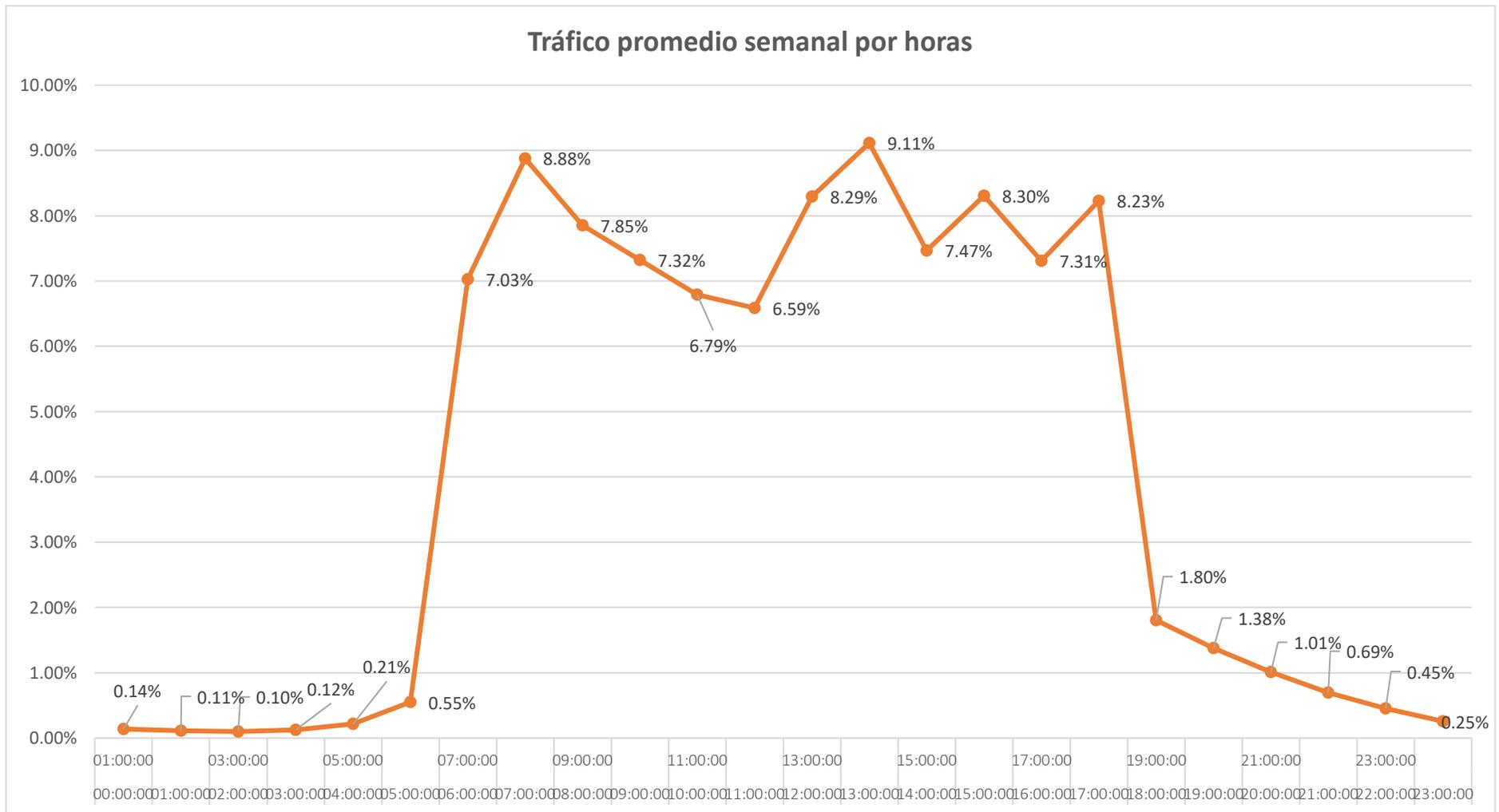


Figura 11 Tráfico promedio semanal por horas
 Elaborado por: Autor

En el gráfico anterior se puede observar, que la mayor concentración de tráfico fue en las horas desde las 6 de la mañana hasta las seis de la tarde, en este lapso se registran promedios mayores al 7%, en este período las horas más concurridas, o con valores superiores al 8% fueron de 7 a 8 de la mañana, de 12 a 2 de la tarde, de 3 a 4 de la tarde y de 5 a 6 de la tarde.

Según Gordillo & Miguitama (2018), el factor horario permite transformar un volumen horario a un volumen medio diario. Este factor se define de la siguiente manera:

$$Fh = \frac{TD}{TH}$$

Donde:

Fh = Factor de ajuste horario

TD = Tráfico diario

TH = Tráfico horario

Adicional a estos datos se agrupara el tipo de vehiculos en clasificaciones como liviano, los cuales lo conforman automóvil, camioneta. Suv y van; buses que lo conforman bus 2 ejes; camiones lo cual conforman camión de 2 ejes, camión de 3 ejes y camiones de 4 ejes o más, y otros que lo conformán motos y otros.

Para el cálculo del factor de ajuste horario, se tomará como dato el dato del tráfico diario (TD), los valores del dia con mayor concentración de tráfico siendo este el del día miércoles, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 15 Factor Horario

Tráfico Horario							
Livianos	18194	Buses	246	Camión	942	Otros	643
Tráfico Diario (Miércoles)							
Livianos	26163	Buses	370	Camión	1338	Otros	922
Factor Horario							
Livianos	1,44	Buses	1,50	Camión	1,42	Otros	1,43

Elaborado por: Autor

Factor de ajuste semanal (Fs)

Al obtener el factor de ajuste semanal (Fs), como para este se obtuvo del valor de los 7 días, el valor del factor de ajuste semanal será el valor de 1, es decir no existe variación.

Factor de ajuste mensual (Fm)

Para el cálculo del factor ajuste mensual como lo menciona Morocho (2015): “El cálculo de este factor se necesita del consumo de combustibles mes a mes, en el año más próximo a la fecha de conteo”. (pág. 11)

$Fm = \text{Consumo promedio mensual de los combustibles anuales} / \text{Consumo del mes de conteo}$.

Tabla 16 Consumo de gasolina año 2020 por mes

Automotriz	
Mes	Consumo de gasolina en barriles
Enero	4.491.889,0
Febrero	4.237.942,0
Marzo	2.862.607,0
Abril	1.469.494,0
Mayo	2.239.049,0
Junio	3.224.528,0
Julio	3.618.936,0
Agosto	3.729.647,0
Septiembre	3.958.381,0
Octubre	4.371.466,0
Noviembre	4.079.985,0
Diciembre	4.440.136,0
Total	42.724.060,0
Promedio	3.560.338,33

Fuente: Petroecuador (2021)

Aplicando la fórmula, se tomó en cuenta el mes de noviembre ya que en el mismo mes se realizó el análisis, obteniendo los siguientes valores:

$$Fm = \frac{3.560.338,33}{4.079.985,00}$$

$$Fm = 0,87$$

Una vez obtenidos los factores se procede, a calcular el tráfico promedio diario anual por tipo de vehículo obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 17 Tráfico promedio diario anual TPDA

Tráfico Promedio Diario Anual TPDA				
Item	Liviano	Buses	Camiones	Otros
Total(7 días)	127360	1720	6593	4498
Promedio	18194,29	245,71	941,86	642,57
Fh	1,44	1,50	1,42	1,43
Fs	1	1	1	1
Fm	0,87	0,87	0,87	0,87
T.P.D.A.	22762	322	1164	802

Elaborado por: Autor

Para poder establecer la clasificación funcional de la vía en estudio en base a la normativa ecuatoriana es necesaria establecer el TPDA proyectado, y como es una vía existente se tomará con un período de 20 años para lo cual se consideró las siguientes tasas de crecimiento.

Tabla 18 Tasa de crecimiento anual de tránsito vehicular

Período	Liviano	Bus	Camión
2005 - 2010	4,49	2,12	3,41
2011 - 2015	3,99	1,89	3,03
2016 - 2020	3,60	1,7	2,72
2021 - 2040	3,27	1,54	2,48

Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas (2010)

Tabla 19 TPDA proyectado

Tráfico Promedio Diario Anual TPDA				
Item	Liviano	Buses	Camiones	Otros
Tasa de crecimiento	3,27%	1,54%	2,48%	3,27%
T.P.D.A.				
2021	22762	322	1164	802
2022	23506	326	1193	828
2023	24275	332	1222	855
2024	25069	337	1253	883
2025	25889	342	1284	912
2026	26735	347	1316	942
2027	27610	352	1348	972
2028	28512	358	1382	1004

2029	29445	363	1416	1037
2030	30408	369	1451	1071
2031	31402	375	1487	1106
2032	32429	380	1524	1142
2033	33489	386	1562	1179
2034	34584	392	1600	1218
2035	35715	398	1640	1258
2036	36883	404	1681	1299
2037	38089	411	1722	1341
2038	39335	417	1765	1385
2039	40621	423	1809	1431
T.P.D.A. (proyectado) 2040	41949	430	1854	1477

Elaborado por: Autor

TPDA proyectado total = 41949 + 430 + 1854 + 1477

TPDA proyectado total = 45710

Tabla 20 Clasificación funcional de las vías en base del TPDA proyectado

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA proyectado			
Descripción	Clasificación funcional	TPDA proyectado	
		Límite inferior	Límite superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o carretera multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: Norma ecuatoriana vial (NEVI) (2013)

Según el TPDA proyectado, la carretera analizada se situará en la clasificación AV2, ya que esta en el rango entre 26000 y 50000.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Mediante la investigación documental se pudo establecer los procesos constructivos tanto del pavimento rígido como del pavimento flexible.
- Al comparar los presupuestos del año 2016 y 2023 se concluyó que hay un incremento del 20.64 % en el pavimento rígido y el 15.15% en el pavimento flexible.
- Al realizar una comparación del tiempo que demora al construir un tramo de vía de un 1 km, constituido por (Base, Sub Base y Capa de rodadura) se estableció que en 24.89 horas se coloca el pavimento flexible, mientras que para el pavimento rígido se necesita 83.9 horas. Por lo tanto, se determinó que es más factible colocar el pavimento flexible.
- Al determinar los costos y tiempos de los procesos constructivos de los pavimentos rígidos y flexibles, y al compararlos; se estableció que el pavimento rígido en comparación con el pavimento flexible en el 2016 tuvo un incremento del 48%, mientras que para el 2023 tuvo el incremento del 55.80%
- Al considerar que pavimento es mejor para la ciudad, esto dependerá de varios factores principalmente el económico en este caso sería la mejor opción el pavimento flexible, al igual que por el tiempo constructivo, pero si se considera que el pavimento rígido requiere de menor mantenimiento que el flexible y su durabilidad es mayor se optaría por el rígido, considerando el tráfico o los medios de transporte que se van a movilizar por dicha vía se observa que la mayoría del tránsito es liviano ya que este bordea el 93% del total del tránsito analizado lo cual se optaría por la opción del pavimento flexible ya que de existir mayor concentración de tránsito pesado mejor sería el pavimento rígido al considerar que este presenta mayores resistencias para este tipo de tránsito.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- La presente investigación se recomienda ser sociabilizada con las autoridades de la ciudad ya que el mismo puede permitir a tomar decisiones adecuadas en base a los criterios técnicos analizados en dicho documento.
- Se recomienda realizar un convenio con las instituciones concedoras del tema en pavimentos rígidos y flexibles tales como (MTOP, Consejo provincial, Gad municipal de Riobamba) con la finalidad de tener mayor información que facilite el desarrollo del proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Cruz Muñoz, F. (2018). La movilidad urbana: dimensiones y desafíos. *EURE*, 44(133), 277 - 281.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/196/19656548013/19656548013.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas, Colombia. (2017). *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito*. Bogotá D.C.: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN.
<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>
- Baque Solis, B. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las ciencias*, 6(2), 203 - 228.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7398457.pdf>
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). *Norma ecuatoriana vial NEVI - 12 - MTOP*. Quito: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf
- Banco de desarrollo de América Latina [CAF] . (2020). *Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040*. CAF.
https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1537/Ecuador_Analisis_de_Inversiones_en_el_Sector_de_Transporte_Interurbano_Terrestre_Latinoamericano_al_2040.pdf?sequence=14&isAllowed=y
- Consortio de gobiernos autónomos provinciales del Ecuador [CONGOPE]. (2017). *PLAN DE INFRAESTRUCTURA VIAL PROVINCIAL*. Guayaquil: CONGOPE.
<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/01-Plan-Vial-Guayas.pdf>
- Hernández, L., & Grettel, A. (2008). Mejoramiento de los procesos constructivos. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 64 - 68.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835615.pdf>
- Castaño Martínez, F., Herrera Betín, J., Gómez Sáenz, J., & Reyes Lizcano, F. (2009). Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. P. *Infraestructura Vial*(22), 20 - 25.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/download/1730/1703/>

- Rondón Quintana, H., & Reyes Lizcano, F. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: Tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 41 - 65.
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1074/812>
- Guerra, P., & Guerra, C. (Septiembre de 2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 20, 121 - 140.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v20n20/v20n20_a08.pdf
- Prim, N. (26 de Septiembre de 2020). *Laminas y Aceros*. Importancia del proceso constructivo: <https://blog.laminasyaceros.com/blog/importancia-del-proceso-constructivo>
- Villanueva, L. (2004). *Pavimentos*. Universidad Mayor de San Simón.
https://www.academia.edu/16406141/Libro_de_Pavimentos
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión*. Lima: Flujo libre.
https://issuu.com/flujolibreperu/docs/libro_pavimentos_al_cap_2
- Tapia, M. (2018). *Pavimentos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://www.academia.edu/16797521/PAVIMENTOS>
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2014). *Manual del concreto estructural conforme con la norma Covenin 1753:03*. Caracas: PAG Marketing Soluciones.
<https://pe56d.s3.amazonaws.com/p193k6ak6nqf8199a17uh1ukueue9.pdf>
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 33(2).
<https://www.scielo.cl/pdf/ric/v33n2/0718-5073-ric-33-02-00161.pdf>
- Código nacional de tránsito terrestre, Colombia. (2002). *Código nacional de tránsito terrestre (Ley 769 de 2002)*. Bogotá: Ministerio de transporte.
- Scipion, P. (2011). *Diseño de carreteras*. UNI.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-de-diseno-de-carreteras.pdf>
- Villanueva, S., & Serra, A. (2021). *Funciones de las capas de un pavimento*. VISE:
<https://blog.vise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>
- Zapata. (2016). *Base y Subbase granular*. Zapata ingenieros:
<http://www.zapataingenieros.com/base-y-sub-base-granular/>

- Dirección general de inversión pública - DGIP, Perú. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
- Londoño, C., & Alvarez, J. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto : para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Medellín: Instituto Colombiano de Productores de Cemento.
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>
- Garnica, P., Gómez, J., & Sesma, J. (2012). *Mecánica de materiales para pavimentos*. Sanfandila: Secretaria de comunicaciones y transporte de México.
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>
- Arias, F. (2012). *Proyecto de investigación introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme C. A.
- Garzón, A., & Hernández, L. (2018). *Cartilla guía ilustrativa del proceso constructivo de un pavimento flexible para bajos volúmenes de tránsito*.
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5711/CARTILLA.pdf?sequence=2#:~:text=La%20estructura%20del%20pavimento%20flexible,parte%20de%20la%20carga%20vehicular.>
- WISE. (2021). *¿Qué es un pavimento flexible y cuando conviene usarlo?* WISE:
<https://blog.wise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>
- Ortiz, A. (2017). *Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible*. Bogota: Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Huertas, M., & Santos, N. (2018). *Guía metodológica del proceso constructivo de un pavimento flexible*. Girardot - Cundinamarca: Universidad piloto de Colombia.
- González, D. (2018). *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*. Chile: Universidad Andrés Bello.
- Catalanca, L. (2015). *Colocación de la mezcla asfáltica en caliente*. Procedimiento constructivo: <https://luiscatalancartes.wordpress.com/2015/04/10/procedimiento-constructivo/>

- León, R. (2011). *Pavimento rígido*. Evaluación de la calidad e implementación de mejoras en la construcción de pavimentos: <https://sites.google.com/site/rafaleon4/home>
- Alicaresp. (Enero de 2018). *Conceptos básicos de pavimento rígido*. Ingeniería Civil: <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2012). *Manual de construcción de pavimentos rígidos*. Quito: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf
- Alcaldía de Riobamba. (2017). *Plan estratégico de desarrollo cantonal Riobamba 2025*. EMAPAR: <https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>
- European concrete paving association e Instituto español del cemento y sus aplicaciones. (2017). *Pavimentos de hormigón: Una alternativa inteligente y sostenible*. Oficemen. <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Pavimentos-de-hormig%C3%B3n.-Alternativa-sostenible-EUPAVE.pdf>
- Calo, D., Souza, E., & Marcolini, E. (2014). *Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón*. Buenos Aires: Instituto del cemento portland argentino.
- Corredor, G. (2008). *Obtención y manejo de la información de tránsito para diseño de pavimentos*. Universidad nacional de ingeniería. <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manejo-de-transito-para-diseno-de-pavimentos.pdf>
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). *Norma ecuatoriana vial NEVI - 12 - MTOP*. Quito. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Gordillo, D., & Miguitama, B. (2018). *Determinación de los factores de mayoración del tráfico promedio diario anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Morocho, L. (2015). *Rectificación del camino vecinal de la vía de acceso a la comunidad de Cungapiti*. Cuenca: Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4879/1/11320.pdf>
- Petroecuador. (2021). *Informe estadístico Enero - Diciembre 2020*. Subgerencia de planificación y control de gestión. <https://www.eppetroecuador.ec/wp->

content/uploads/downloads/2021/03/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2020.pdf

Ministerio de transporte y obras públicas. (2010). *Construcción del puente Guagrayacu provincia del Napo*. Ministerio de transporte y obras públicas. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/LOTAIP_1_175200000.1074.7006-GUAGRAYACU.pdf

Ministerio de transporte y obras públicas . (2013). *Norma ecuatoriana vial NEVI - 12* (Vol. 2). Quito. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Chang, C. (2015). *Pavimentos rígidos versus flexibles ¿Mitos o realidades?* Viabilidad y transporte latinoamericano: <http://vialidadytransporte.com/noticia/17-pavimentos-rigidos-versus-flexibles-mitos-realidades>

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