

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Los reductores de velocidad tipo resalto en las
fallas de pavimentos flexibles de la vía El Tambo -
Tres de diciembre, Junín**

Kevin Arnold Quispe Rivera

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Nestor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ma. Ing. Edinson José Porras Arroyo
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 25 de mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO EN LAS FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA VÍA EL TAMBO – TRES DE DICIEMBRE, JUNÍN", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Kevin Arnold Quispe Rivera, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas:) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Edinson José Porras Arroyo por haberme brindado el apoyo, aliento, orientación y por haberme guiado en el proceso de elaboración de esta investigación.

Agradezco también a mi familia en especial a mi querida madre y mis abuelos que siempre están ahí, en cada momento que yo más los necesite apoyándome, acompañando mis pasos y con buenos consejos me dirigen por el buen camino.

Por último, me gustaría dar las gracias a todos mis docentes y colegas más cercanos que me brindaron su apoyo y aliento incondicional para poder lograr mis objetivos. Muchas gracias a todos.

Bach. Quispe Rivera Kevin Arnold

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios quien guía día a día mi camino, también lo dedico a mis abuelos y mi linda madre, a quienes les debo todo en la vida y el amor que siempre me han brindado, en especial que en vida fue mi querido y amado abuelo Justo Rivera Pedraza, que desde el cielo cuida y guía mi camino para ser mejor persona cada día.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	11
1.1. Planteamiento y formulación del problema	11
1.1.1. Planteamiento del problema	11
1.1.2. Formulación de problema.....	13
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia	14
1.3.1. Justificación teórica	14
1.3.2. Justificación práctica	14
1.3.3. Justificación metodológica	15
1.3.4. Importancia	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	16
1.4.1. Hipótesis	16
1.4.2. Descripción de variables.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes internacionales	24
2.2. Bases teóricas.....	34
2.3. Definición de términos básicos	70

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	72
3.1. Métodos, y alcance de la investigación.....	72
3.1.1. Método de la investigación: Científico	72
3.1.2. Alcance de la investigación: (nivel)	72
3.2. Diseño de la investigación	73
3.3. Población y muestra.....	73
3.3.1. Población	73
3.3.2. Muestra: Representativa	73
3.3.3. Muestreo: No probabilístico intencional o conveniencia.....	74
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	74
3.4.1. Técnica.....	74
3.4.2. Instrumentos: Ficha de recopilación de información	74
3.5. Procedimiento	76
3.6. Métodos de análisis de datos.....	76
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
4.1. Resultados	77
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
CONCLUSIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación velocidad-severidad de siniestros	34
Tabla 2. Relación velocidad - distancia de los reductores de velocidad.....	35
Tabla 3. Radios y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular	40
Tabla 4. Longitudes de rampas y pendientes para resalto de sección trapezoidal	41
Tabla 5. Espaciamiento entre resaltos en zonas urbanas.....	43
Tabla 6. Rangos y magnitudes de validez.....	75
Tabla 7. Validación de expertos.....	75
Tabla 8. Rangos y magnitudes de confiabilidad	75
Tabla 9. Tipo de accidentes	78

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Resalto circular.....	38
Figura 2. Resalto trapezoidal	39
Figura 3. Resalto tipo cojines.....	40
Figura 4. Porcentaje de los tipos de accidentes	78
Figura 5. Fallas de la vía en la progresiva 0+664.23	80
Figura 6. Fallas de la vía en la progresiva 2+256.74	81
Figura 7. Fallas de la vía en la progresiva 2+638.19	82
Figura 8. Fallas de la vía en la progresiva 2+812.69	82
Figura 9. Fallas de la vía en la progresiva 3+361.69	83
Figura 10. Fallas de la vía en la progresiva 3+794.30	84
Figura 11. Fallas de la vía en la progresiva 3+841.71	84
Figura 12. Fallas de la vía en la progresiva 4+255.65	85
Figura 13. Fallas de la vía en la progresiva 4+315.16	85
Figura 14. Fallas de la vía en la progresiva 4+786.96	86
Figura 15. Fallas de la vía en la progresiva 6+631.43	86
Figura 16. Fallas de la vía en la progresiva 6+669.07	87
Figura 17. Fallas de la vía en la progresiva 6+861.16	87
Figura 18. Fallas de la vía en la progresiva 7+328.31	88
Figura 19. Fallas de la vía en la progresiva 8+095.66	88
Figura 20. Fallas de la vía en la progresiva 8+534.92	89
Figura 21. Fallas de la vía en la progresiva 8+804.65	89
Figura 22. Fallas de la vía en la progresiva 9+194.81	90
Figura 23. Fallas de la vía en la progresiva 9+362.24	90

Figura 24. Fallas de la vía en la progresiva 9+650.10	91
Figura 25. Fallas de la vía en la progresiva 4+255.65	91
Figura 26. Fallas de la vía en la progresiva 4+897.96	92
Figura 27. Fallas de la vía en la progresiva 8+804.65	92
Figura 28. Fallas de la vía en la progresiva 9+362.24	93
Figura 29. Fallas de la vía en la progresiva 2+084.57	93
Figura 30. Fallas de la vía en la progresiva 6+052.10	94
Figura 31. Fallas de la vía en la progresiva 0+136.54	95
Figura 32. Fallas de la vía en la progresiva 0+136.54	98
Figura 33. Fallas de la vía en la progresiva 0+664.23	98
Figura 34. Fallas de la vía en la progresiva 3+794.30	99
Figura 35. Fallas de la vía en la progresiva 3+841.71	99
Figura 36. Fallas de la vía en la progresiva 4+786.96	100
Figura 37. Fallas de la vía en la progresiva 10+127.71	100

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema de investigación ¿Cuáles son los reductores de velocidad tipo resalto, en las fallas de pavimentos flexibles, en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?, el objetivo fue: Describir cuáles son los reductores de velocidad tipo resalto en las fallas de pavimentos flexibles, en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022. La presente investigación tuvo un método científico, cuyo nivel de investigación fue relacional y tuvo un diseño no experimental; ya que no hubo manipulación deliberada de las variables en estudio. La población estuvo conformada por la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín. La muestra estuvo conformada por la vía tramo desde el Óvalo de la Av. Julio Sumar del distrito de El Tambo – hasta la entrada del distrito de Tres de Diciembre, que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín. Se tuvo un muestreo no probabilístico del tipo intencional. La conclusión fue que los reductores de velocidad fueron necesarios porque cumplen la función reducir la velocidad de operación de los vehículos motorizados al ingresar a una zona de conflicto, asegurando que circulen con una velocidad controlada, permitiendo un tránsito vehicular más seguro, es por ello, por lo que los reductores de velocidad tipo resalto fueron instalados en las carreteras del tramo El Tambo, Pilcomayo y Tres de Diciembre, ya que la velocidad de operación es igual o menor a 50km/h, y fueron implementados junto con los elementos de señalización que adviertan al conductor.

Palabras clave: Reductores, velocidad, fallas, pavimento flexible.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación: Los reductores de velocidad tipo resalto en las fallas de pavimentos flexibles de la vía El Tambo – Tres de Diciembre, Junín, se basó en determinar cuáles son los reductores de velocidad tipo resalto en las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre. Se realizó esta investigación porque existe la necesidad de realizar un adecuado análisis de los reductores de velocidad, y cuál será la repercusión que se genera respecto a las fallas del pavimento. Para el adecuado desarrollo de esta investigación, se ha estructurado en 04 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo I: Planteamiento del estudio: En este capítulo se describe el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de variables.

Capítulo II: Marco teórico: En este capítulo se desarrolló los antecedentes, bases teóricas, definición de términos básicos.

Capítulo III: Metodología: Aquí se desarrolla el método y alcance de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV: Resultados y discusión: En este acápite se muestra los resultados y las discusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente, se expone las conclusiones, referencias y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El hecho de que el asfalto represente el 90% de todos los pavimentos del mundo debe tenerse siempre presente cuando se habla de pavimentos. El material más utilizado para construir pavimentos en todo el mundo es el asfalto. Esto incluye, entre otros lugares, los pavimentos de toda América Central y del Sur, que incluye países como México y Colombia. Por lo tanto, este es un problema que necesita mucha investigación y desarrollo para ayudar a mejorar la técnica, obtener mejores resultados, pero lo más importante, desarrollar un uso más eficiente del material, prestando atención a las prácticas ecológicas y al reciclaje. Además, las carreteras son el activo público más importante de la nación, ya que constituyen la base de la red de transporte y son esenciales para el crecimiento económico. El transporte por carretera representa el 70% del transporte de mercancías y el 90% del tráfico de pasajeros. Por lo tanto, las inversiones en infraestructuras de transporte son esenciales para aumentar el nivel de competitividad de la nación y elevar el nivel de vida de la población.

El deterioro o colapso de los pavimentos en Perú se produce gradualmente a lo largo del tiempo y no de golpe. Esta última afirmación es válida tanto para pavimentos flexibles como rígidos. Esta es una manifestación que ocurre regularmente en la superficie del pavimento como resultado del tráfico y los patrones climáticos. Según Dajes (2014), se

considera daño o fallo cualquier signo de mal comportamiento del pavimento, es decir, cualquier desviación de lo que se considera un comportamiento «perfecto». Cuando se trata de pavimentos, esto es cierto.

Para garantizar la capacidad y continuidad de la carretera y ofrecer a los usuarios un servicio rápido, fácil, seguro y a un precio razonable, un sistema de gestión de infraestructuras viarias debe realizar una evaluación del estado actual y de las condiciones de la carretera. El tramo El Tambo - Tres de Diciembre, en las provincias de Huancayo y Chupaca, debe ser evaluado para identificar posibles problemas y determinar las necesidades de mantenimiento. Esto es lo que garantizará que los servicios puedan prestarse eficazmente. Para comprender a cabalidad el complejo tema de los badenes y las fallas del pavimento flexible en el tramo carretero entre El Tambo y Tres de Diciembre, Junín, es imprescindible realizar un análisis técnico y científico. Los obstáculos al borde de la carretera denominados badenes se colocan en la superficie de la vía con la intención de promover una conducción más lenta y mejorar la seguridad vial. Es posible que estos elementos perjudiquen a los vehículos, al medio ambiente y al pavimento.

Es posible que los pavimentos flexibles se rompan como consecuencia de los badenes. Sobre una base de hormigón, se aplica una capa de asfalto para crear pavimentos flexibles. Cuando los vehículos pasan por los arcenes de la carretera, provocan vibraciones e impactos que causan grietas y deformaciones en el pavimento. Este factor es el responsable del fallo del pavimento. La longevidad y la capacidad de carga del pavimento podrían verse afectadas negativamente por estos defectos, además de su rendimiento general. También pueden dar lugar a mayores costes de mantenimiento y a una mayor probabilidad de que se produzcan accidentes con más frecuencia. Los badenes pueden tener una serie de efectos perjudiciales, como el aumento del consumo de combustible, el desgaste de los neumáticos, la liberación de contaminantes peligrosos y el ruido de los vehículos que pasan. Los problemas con el

pavimento no son la única consecuencia. Multitud de elementos, como el peso del vehículo, la velocidad, el sistema de suspensión y la forma, altura y longitud del arcén, pueden influir en la fuerza de una colisión.

1.1.2. Formulación de problema

Problema general

¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?
- b) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?
- c) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.
- b) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.
- c) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

Como parte de la investigación que se presentó, se buscó indagar sobre las repercusiones de las características que trajo consigo la instalación de reductores de velocidad en vías asfaltadas. Se realizó con el objetivo de tomar en consideración el diseño que fue propuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. Esto se debe al hecho de que los reductores de velocidad, particularmente aquellos que son construidos o mantenidos de manera inapropiada, tienen el potencial de tener un efecto perjudicial sobre el estado del pavimento flexible.

1.3.2. Justificación práctica

Los resultados de este estudio permiten comprender cómo afectan los badenes a los vehículos (y a los peatones). Cuando se coloquen badenes en el futuro, se tendrán en cuenta sus características y se tomará en consideración esta importante información. Para llevar a

cabo esta investigación se han tenido en cuenta los objetivos del estudio que se está realizando actualmente. La instalación de badenes es otra opción viable que puede utilizarse para aumentar la seguridad vial en zonas con una elevada población peatonal. No obstante, los badenes deben tener unas características determinadas y ser instalados con especial precaución para no dañar el pavimento flexible.

1.3.3. Justificación metodológica

Mediante el uso de la técnica de recuento de vehículos, los formularios para la recogida de datos y las evaluaciones de los niveles de deterioro de los pavimentos flexibles, se completaron con éxito los objetivos del estudio. De forma análoga al método anterior, se realizó un análisis bibliográfico de los materiales disponibles que exploran el tema de los badenes, incluyendo sus numerosos tipos, funciones, criterios de implantación, afecciones al pavimento flexible y normas de construcción y mantenimiento. Se seleccionaron los documentos con la información más relevante y actualizada. En estos documentos se ofrecía información científica y técnica relativa al tema tratado.

1.3.4. Importancia

Es fundamental que esta investigación llame nuestra atención sobre la frecuencia con la que se instalan badenes en pavimentos flexibles. Se estudió para identificar si los badenes causan o generan fallas en estos pavimentos, o si son o no meros factores que no tienen consecuencias en las fallas que descubrimos en la ruta que une Huancayo y Chupaca. Esta es la razón por la cual este es el caso.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

Hipótesis general

Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.

Hipótesis específicos

- a) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.
- b) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.
- c) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.

1.4.2. Descripción de variables

Variable independiente

Definición conceptual de la variable independiente (x)

Reductores de velocidad tipo resalto: Tipo de dispositivo para el control de velocidad diseñado con la finalidad de obligar al conductor a disminuir la velocidad de operación (Galán y Vélez, 2013).

Definición operacional de la variable independiente (x)

Reductores de velocidad tipo resalto: Dispositivos que generan la disminución de vehículos de transporte; donde dichos dispositivos presentan las dimensiones de resalto de sección circular, resalto de sección trapezoidal, resalto virtual, resalto de tipo cojines.

Variable dependiente**Definición conceptual de la variable dependiente (y)**

Fallas de pavimentos flexibles: Daño que sufren los pavimentos flexibles que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario (Humpiri, 2015).

Definición operacional de la variable dependiente (y)

Fallas de pavimentos flexibles: Son fallas que presentan los pavimentos flexibles tales como las deformaciones permanentes, fisuraciones o agrietamientos y desintegraciones del pavimento flexible.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

CONASET, (2023) en su Minuta Técnica: *Resaltos reductores de velocidad*, con sustento de la Directiva N°01-2011-MTC/14, indicó lo siguiente:

1. Como consecuencia de la generalización de la aplicación de badenes, el objetivo de la presente acta es aclarar su finalidad, función y ubicación en relación a los distintos tipos de badenes que se describen en el Decreto 200 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), denominado «Reglamenta Resaltos Reductores de Velocidad.» Además, detalla el procedimiento para solicitar la instalación de un badén, así como las personas que deben realizar la solicitud.

Salcedo, (2018) en su tesis denominada: *Evaluación del sistema de reductores de velocidad tipo resalto (Rompe - muelles) en la vía de evitamiento de la ciudad del Cusco.*, sustentada en la Universidad Alas Peruanas, Cusco, Perú, llegó a las siguientes conclusiones:

1. Durante el proceso de planificación y diseño de los reductores de velocidad, se empleó la información más común obtenida de las opiniones recabadas.

2. En lo que respecta a los sistemas reductores de velocidad, la variedad salina es la cuestión clave que provoca el mal funcionamiento y la degradación de estos sistemas. Hubo una serie de causas que contribuyeron a que los reductores de velocidad, en concreto los de goma, experimentaran el mayor número de fallos en un corto espacio de tiempo. Estos factores incluían la calidad de los materiales utilizados en los reductores de velocidad, así como la imprudencia de los conductores cuando circulaban a altas velocidades por la carretera, lo que exacerbaba las fuerzas de impacto. Según las investigaciones, los automóviles B2, C3 y T3S3 son los que causan más daños a los reductores de velocidad.

3. Se ha sugerido que se instalen muchos reductores de velocidad en cruces críticos, calles con un tráfico peatonal considerable, lugares sensibles como escuelas e instituciones sanitarias, y aquellos con los mayores índices de accidentes notificados. Todas estas son zonas en las que se han detectado los mayores índices de siniestralidad.

4. En vista de que los reductores son una alternativa económica y que su diseño tecnológico garantiza una mayor vida útil, las normas que dicta la Municipalidad Metropolitana de Lima estipulan las características y disposición de los reductores.

Ministerio de transporte y comunicaciones, (2011) en su directiva denominada: *Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC)*, con sustento de la Directiva N°01-2011-MTC/14, indicó las especificaciones de construcción:

1. Otro dato interesante es que en el proceso de acondicionamiento se puede utilizar una enorme variedad de materiales, como caucho, hormigón Portland, hormigón asfáltico en caliente o en frío, y muchos más.

2. Es crucial que la calidad de los materiales, especialmente de los materiales permitidos, cumpla los requisitos establecidos en el marco del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras. Esto es especialmente cierto en lo que respecta a los materiales permitidos.

3. Se aconseja pintar el arcén de acuerdo con las directrices del Manual de Dispositivos de Control del Tráfico de Automóviles para Calles y Carreteras. Esto es algo que debe tenerse siempre presente a la hora de pintar. Este requisito previo debe cumplirse para que la pintura se aplique correctamente. También es posible emplear un tipo de material alternativo que cumpla los criterios para resaltar la presencia de este componente y que tenga ciertas condiciones que deben cumplirse para poder ser utilizado.

4. Es imprescindible que en el proceso de construcción se utilicen materiales de la máxima calidad posible para garantizar la resistencia, la adherencia a la calzada y la dureza del arcén.

Humpiri, (2015) en su tesis denominada: *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*, sustentada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Durante el examen se encontraron varios tipos diferentes de fallos superficiales. Se determinó que los tipos de fallos superficiales más frecuentes eran las grietas longitudinales y transversales. También se descubrió que el desgaste de la superficie, las roderas y muchos otros problemas eran comunes. Estos contratiempos, derivados de errores de construcción, diseño y explotación, repercuten negativamente en el éxito del proyecto. Cualquiera de estas tres categorías puede servir para explicar los fracasos ocurridos. Esto sugiere que, para elegir la mejor línea de actuación para el mantenimiento de la estructura de la carretera, es necesaria

una evaluación exhaustiva de la misma. Esto contribuye a garantizar que la carretera se mantenga de acuerdo con la normativa vigente.

2. De los fallos superficiales encontrados en la región estudiada se desprende que, en general, no son de carácter muy grave. En general, el deterioro de las carreteras se debe a un mantenimiento deficiente.

3. Los procesos de mantenimiento que se detallan en este estudio pueden utilizarse para resolver cualquier problema de las carreteras de forma precisa y oportuna, lo que puede redundar en un aumento del grado de servicio de las carreteras. En caso de que no se lleve a cabo el proceso de mantenimiento adecuado para un tipo específico de avería, no será posible lograr los mejores resultados posibles en términos de reducción de daños. Esto se debe a que es imposible lograr los mejores resultados posibles por este motivo.

4. El mantenimiento de las infraestructuras viarias, que contribuye a alargar los tiempos de viaje y a aumentar la comodidad, es una de las variables que determinan la duración de las infraestructuras viarias. Tras realizar una investigación sobre la identificación de fallos superficiales en pavimentos flexibles, es posible comprobar que existe una amplia gama de fallos. Este es el resultado de la investigación llevada a cabo. Con la ayuda de esta información, los ingenieros de carreteras podrán crear recomendaciones para las inspecciones de las carreteras.

Medina y De la Cruz, (2015) en su tesis denominada: *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método PCI*, sustentada

en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Lima, Perú, llegaron a la siguiente principal conclusión:

1. Se descubrieron varios defectos en la carretera objeto de la investigación. Estos defectos incluían piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, agrietamiento longitudinal y transversal, parchado y corte de servicios públicos, árido pulido, huecos o baches, formación de roderas y, por último, meteorización y desconchamiento del árido.

Bravo, (2020) en su tesis denominada: *Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI*, sustentada en la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. De los resultados de esta investigación se concluye que la vía muestra denominada Avenida Las Nazarenas fue sometida a una evaluación de pavimentos asfálticos superficiales mediante los métodos MTC Perú y PCI. Para ello se analizaron y contrastaron ambas estrategias. Como resultado, el PCI fue de 63, lo que indica que se considera que la carretera está en buen estado y que se está considerando su reparación como posible primer paso hacia la adopción de medidas correctoras. En una línea similar, el estado de conservación de 987,50 se obtuvo de la evaluación realizada mediante la técnica MTC Perú. Esto muestra que el mantenimiento normal se considera una actividad y que la carretera está en buen estado, tal como se especifica en el manual de mantenimiento y conservación de carreteras del MTC. Es importante tener en cuenta que la mayor parte de los procedimientos realizados con las técnicas MTC Perú y PCI se basan en exámenes oculares.

2. Se determinó que existía una correlación del 63,3% entre las operaciones de PCI y los fallos de MTC Perú, tal como indicaban las conclusiones de la investigación. Así se determinó en el curso de la investigación. Se puede deducir de esto que las fallas en la

metodología de PCI están conectadas con el 63.3% de las fallas y niveles de severidad que están asociados con la metodología de MTC Perú. Considérese lo siguiente como un ejemplo de una inferencia que podría extraerse de esto. Específicamente, este estudio proporciona evidencia a favor de la noción de que entre 65 y 65 por ciento de los tipos y niveles de severidad de las fallas que ocurren utilizando enfoques TCM PERÚ son consistentes con la metodología PCI. A la luz de estos resultados, la teoría se ve respaldada.

3. En el cálculo del índice se utilizaron tanto el método MTC PERU como el PCI, lo que dio lugar a índices del 63,7% y el 36,3%, respectivamente. El índice de estado superficial del firme se calculó empleando la metodología MTC PERU, que dio como resultado un valor del 62,84%. En este punto, el cálculo se dio por concluido. La idea de que el índice de estado superficial producido a partir de la metodología MTC PERU representa entre el sesenta y el sesenta y cinco por ciento de la metodología PCI se ve respaldada por estos resultados, que aportan pruebas que apoyan la teoría.

Zevallos, (2018) en su tesis denominada: *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017*, sustentada en la Universidad César Vallejo, Lima, Perú llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. El enfoque conocido como Índice de Condición del Pavimento (ICP) puede ser utilizado para clasificar el estado de los pavimentos flexibles y las múltiples formas de fallas que presentan. Esta clasificación puede ser de ayuda en el proceso de hacer mantenimiento periódico y/o permanente en las carreteras de los municipios de Barranca. Esto es fundamental para garantizar el mantenimiento periódico y permanente de las vías.

2. Agrietamiento en sentido transversal, agrietamiento en sentido piel de cocodrilo, agrietamiento en sentido bloque y agrietamiento en sentido longitudinal son los que presenta el pavimento flexible de la carretera analizada. También está la cuestión de los baches en mal estado. La gravedad global de estos fallos es la más alta, lo que los convierte en los más graves de todos.

3. Según las puntuaciones del Índice de Estado del Pavimento (ICP) de 47 y 49, la avenida José Gálvez Barrenechea está clasificada con un nivel de conservación «Regular». Para llegar a esta conclusión se utilizó el método de evaluación PCI. Tanto el mantenimiento del control de daños como la creación de intervalos temporales de control de daños son elementos cruciales en el contexto de la gestión de catástrofes.

4. Para asegurar la implementación de planes de preservación y, en consecuencia, evitar el deterioro prematuro de las calles del barrio de Barranca, es importante una evaluación del PCI encontrado en las calles de la ciudad. Será más sencillo tomar las decisiones correctas en cada circunstancia, planificar las inversiones e incluso arreglar las calles de la ciudad de Barranca si se tiene una idea clara de cómo están las calles.

2.1.2. Antecedentes internacionales

BCN, (2022) en su decreto denominada: *Decreto 200 – Reglamento resaltos reductores de velocidad del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de Transportes*, sustentada en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile, dio a conocer en sus artículos de los requisitos para la instalación de resaltos reductores de velocidad:

1. De conformidad con el artículo 5, la construcción de badenes y cojines en las vías urbanas debe cumplir al menos uno de los requisitos sustitutorios que se enumeran a

continuación.

- a) De acuerdo a la información proporcionada por Carabineros de Chile, en los últimos dos años se ha producido al menos una colisión de tránsito por año, y la velocidad de los vehículos involucrados ha sido un elemento contribuyente en estos casos.
- b) El hecho de que el exceso de velocidad hace más probable que se produzca un accidente, especialmente para los usuarios vulnerables de la vía, como peatones y ciclistas, que tienen más probabilidades de sufrir lesiones tras verse implicados en una colisión.
- c) El hecho de que la carretera se haya construido como vía de paso o que se prevea que las urbanizaciones posteriores tendrán un impacto negativo sobre ella, poniendo en peligro tanto la seguridad pública como el medio ambiente.

2. Para la construcción de lomos de toro y plataformas en caminos rurales se debe seguir una de las siguientes reglas

- a) La carretera está situada en una zona en la que los usuarios no motorizados tienen una presencia frecuente y significativa, como una empresa, una comunidad, un centro médico o un entorno educativo. las instalaciones para ciclistas y peatones, así como lugares turísticos populares. Las travesías son porciones de carreteras rurales con características que se encuentran en zonas semiurbanas.
- b) Que debido a la forma de la carretera, la velocidad a la que se desplaza el tráfico y la forma en que la carretera interactúa con su entorno, existe la posibilidad de que se produzcan accidentes de alta energía en los cruces o en los lugares de acceso donde la visibilidad es limitada.

No hay excepciones cuando se trata de la instalación de badenes en autopistas, autovías o carreteras con firme granular o de tierra. Sin embargo, la instalación debe ser consecuencia

de un examen minucioso de los riesgos y la circulación en la zona en cuestión.

Baraya (2018) en su artículo denominada: *Resaltos viales: incómodos pero necesarios*, sustentada en MOTOR, dio a conocer en su artículo lo siguiente:

1. En las carreteras nacionales que se están construyendo también se añadirán estos badenes. Estos fueron creados unos cinco kilómetros después del Alto de Vino, una curva empinada y ciega que ha causado varios accidentes en la vía que comunica a Bogotá con el municipio de La Vega. Idéntica situación se presenta antes de llegar a la primera entrada de la vía que conduce al municipio de San Francisco.

2. Es importante recordar que personas que utilizan esta vía le han manifestado a EL TIEMPO que los arcenes frente al Alto de Minas tuvieron que ser levantados porque estaban causando accidentes. Paralelamente, se trabaja en la construcción de un puente peatonal, necesario para garantizar la libertad de movimiento de las personas en un corredor de estas características con tráfico pesado.

Miranda, (2010) en su tesis denominada: *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*, sustentada en la Universidad Austral de Chile; Valdivia, Chile, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Sin embargo, sigue faltando una amplia difusión de la información sobre el hecho de que el cuidado o la conservación del firme es mucho menos costoso que su reparación. Esto no sólo ayuda a los camioneros a ahorrar millones de pesos, sino que también les hace la vida más cómoda y aumenta su capacidad de prestar servicio.

2. Dado que el cuidado del pavimento requiere la experiencia de profesionales formados, estas personas tienen un control considerable sobre el tema. Para asegurarse de que los fondos asignados al mantenimiento se gastan sabiamente, los pavimentos deben inspeccionarse a fondo y con frecuencia.
3. En cuanto se determine que las reparaciones son necesarias, deben llevarse a cabo con prontitud. Cada día hay más degradación del pavimento, lo que hace que las condiciones de conducción sean extremadamente peligrosas.
4. Encontrar la causa del accidente que provocó el daño es el primer paso para realizar las reparaciones necesarias y evitar que el daño al pavimento se repita.
5. Para preservar la inversión y garantizar que el pavimento siga ofreciendo servicios públicos completos, es necesario un mantenimiento rápido y continuo.

Doñu, (2008) en su tesis denominada: *Reductor de velocidad*, sustentada en el Instituto Politécnico Nacional; México D.F., México, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Aparte del logro que supone empezar con un proyecto físico y seguir todos los pasos necesarios para completarlo, el resultado es loable, ya que demuestra que la forma teórica es una parte crucial de la forma práctica. Dicho de otro modo, las dos formas sirven para potenciarse mutuamente.
2. En el diseño de este componente mecánico se utilizaron normas, presentando el diseño de manera uniforme. Esto garantiza la viabilidad tanto del producto como del mercado de

materias primas. Como podemos encontrar este material en el mercado, en este caso concreto, el material es posible. También fue posible mecanizar cada uno de los componentes mecánicos.

3. La finalización con éxito de este proyecto nos dio la oportunidad de aprender sobre la estructura y el desarrollo que deben utilizarse en toda la fase de diseño del proyecto para obtener resultados positivos. El uso de diseños asistidos por ordenador y la resistencia de los materiales serán muy beneficiosos para nuestro avance profesional; se trata de dos herramientas muy importantes que nos serán de gran ayuda.

4. Se aconseja que el diseño se lleve a cabo utilizando una serie de técnicas analíticas distintas. En este caso, se aplicaron todas las ecuaciones necesarias para llevar a cabo la técnica analítica.

Galán y Vélez, (2013) en su tesis denominada: *Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay*, sustentada en la Universidad de Cuenca; Cuenca, Ecuador, llegaron a las siguientes principales conclusiones:

1. Tras determinar qué características tienen en común la mayoría de los componentes de los badenes de Cuenca, se eligieron 10 partes y un badén de cada sección para realizar más investigaciones. La investigación también incluyó el recuento del número de vehículos y el registro de las velocidades de los coches con y sin badenes. El objetivo de la investigación era averiguar cuánto y qué tipo de tráfico había durante la hora punta del periodo especificado.

2. La jerarquía instantánea para los peatones la proporcionan los «arcenes largos» que se ven en el sector comercial central de la ciudad. Una forma de acomodar estos arcenes es elevar la calzada hasta el nivel de las aceras. Como resultado, estos lugares se volvieron más concurridos y agradables de visitar, lo que aumenta la seguridad tanto de los visitantes como de los residentes. Debido a las características de estos rebajes, no fue necesario realizar más investigaciones previas.

3. Se observó que los reductores de las calles Herrerías y Av. Ordoñez Lazo se encontraban en estados algo similares. Los recuentos volumétricos en algunas de las calles superaban los 500 coches por hora, aunque las velocidades eran muy modestas. A lo largo del análisis de los recuentos volumétricos y las velocidades, se observó lo siguiente. Los badenes tienen efectos negativos en las zonas de la calzada, como lo demuestra la aparición de largas colas de coches detrás de ellos como resultado de la acción conjunta de estas dos causas. Sin embargo, tiene sentido eliminar los badenes, sobre todo teniendo en cuenta que es necesario seguir investigando para garantizar que los conductores respeten el límite de velocidad establecido.

4. Para determinar la mejor geometría del badén de Cuenca, se han seleccionado las opciones más eficaces disponibles. En algunos casos, el flujo de vehículos es inferior a 500 automóviles por hora y se reduce a una velocidad inferior a los límites predeterminados; sin embargo, el límite de velocidad no debe reducirse a menos de 25 km/h (vehículos ligeros). Este planteamiento se utilizó para determinar la geometría óptima de los reductores. Estos lamentables sucesos habrían ocurrido en las calles Vía Ricaurte, Vía al Valle y Av. 1ro de Mayo. Según las mediciones, la altura oscila entre 7,9 y 10 cm, mientras que la anchura oscila entre 1,40 y 3,20 metros.

5. Aunque las normas exigen anchuras de 3,50 a 3,70 metros, se pueden utilizar anchuras incluso menores para disminuir la velocidad y lograr los mismos objetivos. Sin embargo, esto no siempre significa que optar por anchuras más estrechas sea la elección correcta. Esto se debe a que, aunque se espera que estos reductores más pequeños disminuyan el impacto de forma más severa, no tienen en cuenta la posibilidad de dañar al conductor o al vehículo.

6. El reductor ideal para reducir la velocidad de los vehículos en entornos urbanos, como en vías locales o colectoras, debería tener una anchura de 1,80 metros y una altura de 8 cm, además de la señalización adecuada, según los reductores que se examinaron y las características comentadas anteriormente. Además, debe haber suficientes indicadores.

7. Se ha hablado de otro tipo de arcén porque las vías de mayor jerarquía, como las arterias, pueden ir a mayor velocidad. Si se detallara este arcén, su anchura sería de 3,20 metros y su altura de 9 cm. También contaría con señalización suficiente, tanto vertical como horizontal.

8. Pensamos que la señalización para vías rápidas y arteriales debería colocarse a 25, 50 y 100 metros por delante de los reductores. En las carreteras colectoras y locales, sin embargo, se ha aprobado una señal vertical adyacente a la reducción. La razón es que los vehículos circulan a baja velocidad. Aunque hay algunos problemas con ella, en general, la gente cree que la señalización horizontal utilizada en las carreteras con reductores de velocidad es de muy buen calibre. Sin embargo, la señal vertical está colocada de forma totalmente incorrecta. Dado que las señales rara vez están presentes hasta que el reductor emite un anuncio, los métodos de funcionamiento convencionales no tienen en cuenta esta

circunstancia. Incluso cuando obstruyen la visión de los conductores y pasajeros, las señales tienen la importante ventaja de aumentar la seguridad de los vehículos.

González, (2018) en su tesis denominada: *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*, sustentada en la Universidad Andrés Bello; Santiago de Chile, Chile, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. La reparación de todo el espesor es el método más rentable para reparar la avería del bache, que es una de las dos técnicas viables para rectificar la avería. Es importante señalar que esto es cierto no sólo para el presupuesto global, sino también para los gastos directos y generales. La repavimentación con hormigón, que es un método alternativo, es la más rentable de las opciones disponibles porque sólo representa el 37,39% del coste global. Estas cifras se han obtenido aplicando los modelos propuestos en la investigación.

2. Es posible que el material utilizado para la capa de rodadura sea la causa de la diferencia de costes existente entre los dos procesos de reparación. En uno de los enfoques se utiliza asfalto para la capa de rodadura, mientras que en el otro se sustituye por hormigón. Dado que esta última sustancia es más cara, se necesitarán recursos adicionales para terminar este elemento.

3. La sustitución de la capa asfáltica y de la base granular es la solución más rentable de los dos enfoques viables para abordar el fallo de las roderas. Esto se debe a que así se ahorrarán tanto los costes totales como los costes directos. Por otro lado, el coste de ejecución de la repavimentación con hormigón será significativamente superior en un 84,24% al coste de sustitución de la estructura actual. Estas cifras se han obtenido mediante la aplicación de los modelos propuestos en la investigación.

4. La significativa diferencia de precio, que es casi el doble que la otra, puede atribuirse a dos fuentes distintas. Lo primero que hay que tener en cuenta es el tipo de material utilizado para fabricar la capa de rodadura. Las capas de rodadura de asfalto y las de hormigón son los dos tipos disponibles. Según lo expuesto anteriormente en la conclusión del debate sobre los baches, la producción de la primera requiere una mayor cantidad de recursos porque el hormigón es más caro.

5. A pesar de eso, la cantidad de capas que son alteradas dentro del paquete estructural es lo que diferencia una técnica de otra. A diferencia del proceso de repavimentación, que implica interferir en todas las capas, la sustitución de la capa asfáltica y de la cimentación granular requiere la intervención en todas las capas, como su nombre indica. Además, como consecuencia de ello, el método de sustitución requiere menos recursos y es, por tanto, menos invasivo.

6. No obstante, también es posible que el proceso de reasfaltado del hormigón dure más que la sustitución en términos de vida útil. Esto implicaría que, con el paso del tiempo, no sería necesario arreglarlo con tanta frecuencia. Por otra parte, la investigación de esta presunción no está incluida en nuestros esfuerzos en curso.

Pallasco, (2018) en su tesis denominada: *Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas*, sustentada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Quito, Ecuador, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Uno de los principales objetivos del estudio es introducir mejoras en el firme de la carretera que se está estudiando. Como objetivo adicional, se busca mejorar la capa de

rodadura, disminuir los costes de explotación en términos de gasolina, recambios, mantenimiento de vehículos y siniestralidad, y ofrecer el mayor grado posible de servicios de seguridad y confort. El efecto acumulado de todos estos factores es prolongar la vida útil de la carretera. En conclusión, se trata de construir una administración adecuada y que responda a las exigencias de la población de la que es responsable.

2. Al parecer, en los años que lleva en funcionamiento la avenida, sólo se han aplicado algunas capas de asfalto, o bien se ha dado un tratamiento específico a distintos lugares en forma de relleno de baches. Ambas opciones son posibles. La mayor parte de la avenida de Quevedo se encuentra en un estado deplorable. Por otra parte, estos arreglos se han realizado con frecuencia sin atenerse a ninguna directriz técnica.

3. Gracias a su adaptabilidad y facilidad de uso, el sistema PAVER es de gran ayuda para determinar el estado de la capa de rodadura de la carretera, que es el tema principal de esta investigación. Los pavimentos también se utilizan para determinar su calificación estructural y funcional, que es otra aplicación de esta técnica. Desde que se desarrolló en 1980, este método de evaluación y gestión de firmes ha sido utilizado tanto por el ejército como por el público en general para mejorar y reparar las carreteras que se encuentran en estado de deterioro. La rápida aplicación de este método con la intención de mejorar y revitalizar las carreteras que habían estado experimentando problemas es un hecho importante a tener en cuenta.

4. Los resultados de la investigación sobre el terrible estado del pavimento de la avenida Quevedo muestran que son necesarias reparaciones significativas para que la vía sea más accesible a quienes transitan por ella.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reductores de velocidad

Según la información presentada en la Tabla 1, existe una correlación que puede considerarse estadísticamente significativa entre la velocidad, la frecuencia de los accidentes y la gravedad de los incidentes.

Tabla 1. *Relación velocidad-severidad de siniestros*

Velocidad del vehículo	Resultado
50 km/h	7 de cada 10 peatones fallecen
30 km/h	1 de cada 10 peatones fallecen

Nota. Manual de seguridad vial 2017.

Es probable que durante el análisis de la siniestralidad de la red de carreteras se hayan encontrado determinadas regiones o lugares de concentración de accidentes, en su mayoría como consecuencia del exceso de velocidad. Utilizando la señalización adecuada, es posible reducir el exceso de velocidad que se produce en lugares concretos. Si es necesario y adecuado, también pueden colocarse una o varias medidas físicas de reducción de la velocidad para enfatizar aún más este aspecto (Manual de seguridad vial, 2017).

Aquellas regiones que, en función de la velocidad prevista y la clasificación del tráfico, serían idóneas para el despliegue de medidas alternativas. Según el Manual de Seguridad Vial (2017), la incorporación de nuevos elementos, como plataformas elevadas, cortes horizontales de trazado o estrechamientos de carril, supone una reducción de unos diez kilómetros por hora en la velocidad media a la que circulan los automóviles por la calzada.

Tabla 2. *Relación velocidad - distancia de los reductores de velocidad*

Velocidad Objetivo	Distancia recomendable entre elementos reductores de velocidad	Distancia máxima de eficiencia entre elementos reductores de velocidad
50 km /h	150 m	250 m
40 km/h	100 m	150 m
30 km/h	60 m	75 m
10 - 20 km/h	20 m	50 m

Nota. Manual de seguridad vial 2017.

Los cordones y las bandas sonoras son los elementos más eficaces cuando se trata de determinar la velocidad a la que se puede reducir algo. Además, según el Manual de Seguridad Vial (2017), son especialmente rentables en comparación con las soluciones físicas alternativas, que necesitan una construcción de carreteras significativamente más extensa. Esto se debe a que no requieren tanta construcción de carreteras.

- **Elección de elementos reductores**

El exceso de velocidad es uno de los mayores factores de peligro, por lo que se deben adoptar elementos físicos o combinaciones de elementos que ralenticen el tráfico en las zonas urbanas, dependiendo de si se aplican las siguientes consideraciones (Manual de Seguridad Vial, 2017):

- Un pasaje o área específica dentro del libro.
- A lo largo de todo el camino.
- Un conjunto de calles, como una zona destinada a la convivencia.

El Manual de Seguridad Vial (2017) establece que existe un conjunto adicional de actuaciones que afectan directamente a la infraestructura. En estas medidas se incluyen tanto elementos que facilitan el uso de la vía como actuaciones destinadas a salvaguardar a conductores y peatones en peligro:

- En la carretera se pueden encontrar inscripciones que cambian la prioridad de las intersecciones (por ejemplo, «STOP» o «Ceda el paso»), la ubicación de los pasos de peatones, plataformas elevadas y plataformas que señalan cambios en el entorno circundante (por ejemplo, una escuela o un hospital).
- Un andén que ofrezca una transición plana desde el suelo del autobús hasta la acera.
- Absténgase de acercarse demasiado a los coches aparcados en la parada del autobús.
- Los retrovisores pueden mejorar la visibilidad en los cruces cuando se circula por calles curvas o estrechas.
- Cambiar el color o la textura del pavimento para distinguir entre varios grupos de usuarios puede ayudarte a encontrar las intersecciones entre rutas.
- La división de la red vial en tres categorías -primaria, secundaria y vecinal- ajustando la restricción de velocidad al entorno y a la finalidad de la calle.

Estas medidas pueden reducir considerablemente la frecuencia de los incidentes que se producen en un determinado lugar o tramo de la red vial, aunque su ejecución no suele ser muy costosa (Manual de seguridad vial, 2017).

- **Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC)**

Resalto

Definición

La finalidad de este dispositivo estructural fijo es ralentizar el tráfico en las carreteras que atraviesan zonas urbanas. Está constituido por la elevación transversal de la carretera en un tramo concreto de la vía. Se trata de un artilugio en funcionamiento. El Manual de Seguridad Vial 2017 tiene como objetivo reducir la velocidad de circulación de los vehículos a motor cuando se aproximan a una zona conflictiva. El manual pretende conseguirlo. Esto se hace para garantizar que el tráfico circula a una velocidad controlada,

disminuyendo la posibilidad de colisiones y mejorando la seguridad en la conducción. Además, para las personas que utilizan las carreteras de la zona de influencia, esto fomentará la armonía entre la población circundante y el medio ambiente.

Criterios de implementación

- a. De acuerdo con el Manual de Seguridad Vial (2017), solo se permite la colocación de reductores de velocidad en badenes en autovías o tramos de carreteras tangentes que atraviesen regiones urbanas, siempre que la velocidad de circulación sea igual o inferior a cincuenta kilómetros por hora. Además, es imprescindible hacer uso de estos reductores de velocidad junto con señales que indiquen su presencia al vehículo.
- b. Según las directrices proporcionadas en el Manual de Seguridad Vial (2017), debe crearse una zona de aproximación siempre que se circulen a velocidades superiores a cincuenta kilómetros por hora. Esta zona podría ayudar a reducir la velocidad gradualmente hasta alcanzar el nivel deseado.
- c. Esta medida debe ponerse en práctica en las zonas en las que los automóviles ignoran con frecuencia los límites de velocidad de funcionamiento indicados en la carretera, lo que podría aumentar la probabilidad de colisiones (Manual de Seguridad Vial, 2017). Esto cumple con el Reglamento Nacional de Tráfico recientemente implementado.
- d. Según este reglamento, estos dispositivos tienen que estar marcados de forma prominente con colores y formas que contrasten con las características de la carretera a intervalos regulares. Los conductores tienen que poder ver estos indicadores.

- e. El Manual de Seguridad Vial, publicado en 2017, establece que deben utilizarse cuando haya una transición entre regiones rurales y urbanas y en lugares donde haya un esquema de iluminación diferenciado en la carretera. El objetivo de esta acción es que los peatones estén presentes, el dispositivo sea visible y lo sea en el momento adecuado.
- f. La construcción del arcén peatonal requiere el permiso de la autoridad competente previo al Estudio de Ingeniería Vial, que es el proceso de instalación de los dispositivos de control de tráfico de acuerdo con las directrices señaladas en la versión más reciente del Manual de Dispositivos para el Control del Tráfico Motorizado en Calles y Carreteras. Además, es obligación de la autoridad garantizar que el arcén cuente con la señalización suficiente, la cual debe ser tanto vertical como horizontal (Manual de Seguridad Vial, 2017).
- g. Una vez resuelta la situación que requirió la instalación del arcén, este debe ser retirado.

Tipos de resalto

- a) **Circular.** En el caso de este tipo concreto de sección redondeada, es posible colocarla en un solo carril o en toda la zona de la carretera. Según el Manual de Seguridad Vial (2017), ambas opciones están disponibles para su consideración.

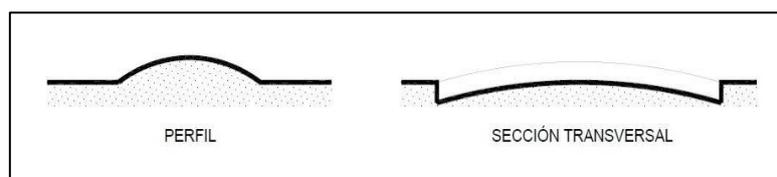


Figura 1. Resalto circular. Fuente: Manual de seguridad vial 2017

- b) **Trapezoidal.** Por su forma trapezoidal y su extensión a lo largo de toda la calzada, este tipo de arcén es una de las características que lo distingue de los demás. La presencia de este tipo particular de arcén es lo que lo diferencia de otros tipos de arcenes, además del hecho de que cumple la función de permitir a los peatones cruzar la carretera (Manual de Seguridad Vial, 2017).

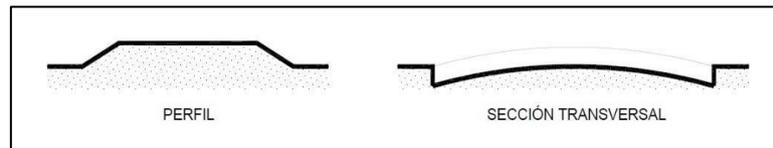


Figura 2. Resalto trapezoidal. Fuente: Manual de seguridad vial 2017

- c) **Virtual.** El propósito de un arcén virtual es crear la apariencia de que el conductor está mirando a un arcén para reducir la velocidad del vehículo. Esto se hace para convencer al conductor de que reduzca la velocidad. Esto se consigue colocando un marcador en el pavimento que parezca un arcén. Esto se hace para que el marcador pueda colocarse allí. Según el Manual de Seguridad Vial, que se publicó en 2017, se suele utilizar como complemento a los badenes que se usan en configuraciones en serie. Esto es algo que se menciona en el manual (Manual de seguridad vial, 2017).
- d) **Cojines.** Cuando se trata de reducir la velocidad de los vehículos, es esencial tener en cuenta que este tipo concreto de arcén no cubre todo el tramo de carretera. Según el Manual de Seguridad Vial (2017), su objetivo es reducir la velocidad a entre cincuenta y sesenta kilómetros por hora sin comprometer la comodidad de los vehículos de emergencia ni ralentizar los tiempos de reacción ante situaciones como la asistencia a enfermos o heridos, la extinción de incendios u otro tipo de emergencias.

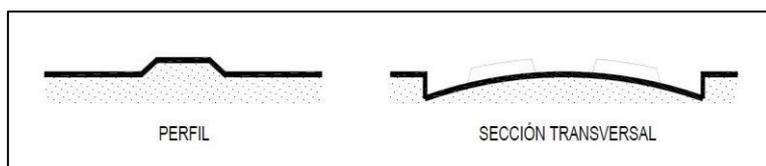


Figura 3. Resalto tipo cojines. Fuente: Manual de seguridad vial 2017

Dimensiones de los resaltos

- Resalto de sección circular

Las proporciones recomendadas para los arcenes de sección circular figuran en el cuadro 3, organizado en función de la velocidad prevista.

Tabla 3. *Radio y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular*

Velocidad Esperada (Km/h)	Radio (m)	Longitud de cuerda (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	15	3.5	10
30	20	4.0	15
35	31	5.0	20
40	53	6.5	25
45	80	8.0	30
50	113	9.5	35

Nota. Manual de seguridad vial 2017.

- Resalto de sección trapezoidal

Las medidas requeridas para los arcenes en secciones trapezoidales se muestran tanto en la tabla 4 como en la figura 2, respectivamente. Las figuras que corresponden a estas dimensiones se muestran correspondientemente.

Tabla 4. Longitudes de rampas y pendientes para resalto de sección trapezoidal

Velocidad Esperada (Km/h)	Longitud de rampa (m)	Pendiente (m)	Velocidad durante el paso (Km/h)
25	0.8	12.5	5
30	1.0	10.0	10
35	1.3	7.5	15
40	1.7	6.0	20
45	2.0	5.0	25
50	2.5	4.0	30

Nota. Manual de seguridad vial 2017.

Se recomienda que los arcenes de sección circular o trapezoidal tengan una elevación mínima de 7 centímetros y máxima de 10 centímetros. Las elevaciones superiores a 10 centímetros pueden causar daños a los automóviles. Los ocupantes de un vehículo experimentarán molestias si circulan a una velocidad superior en cinco kilómetros por hora a la prevista con la dimensión del arcén que se especifica en las tablas 3 y 4 (Manual de Seguridad Vial, 2017).

- Resalto virtual

El Manual de Seguridad Vial (2017) establece que cuatro metros de ancho es la anchura adecuada a lo largo de la calzada para los arcenes virtuales.

- Resalto de tipo cojines

Las medidas sugeridas para los arcenes tipo cojín se indican en la tabla adjunta. Según las directrices proporcionadas en el Manual de Seguridad Vial (2017), debe haber un mínimo de un metro de separación entre los cojines y el borde de la acera. La anchura de un vehículo ligero nunca debe ser mayor que el espacio entre sus cojines.

Especificaciones de construcción

- Resalto en carreteras pavimentadas

Materiales

Para construir el pavimento asfáltico pueden utilizarse numerosos materiales, como hormigón Portland, caucho, hormigón asfáltico en caliente o en frío, y otros materiales. Los requisitos establecen que las características de los materiales, incluidos los materiales adecuados, deben cumplir la norma según el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras. Si se utiliza pintura, el arcén debe señalizarse de acuerdo con el Manual de Dispositivos de Control del Tráfico de Automóviles para Calles y Carreteras. En algunas situaciones, esto es necesario. Este es el resultado final que debe conseguirse mediante la pintura del arcén. Para resaltar la presencia de este componente, también es posible utilizar otro tipo de material con requisitos más precisos. Se deben utilizar los mejores materiales durante la construcción para garantizar la durabilidad, longevidad y conexión del arcén con la calzada, según el Manual de Seguridad Vial (2017).

Construcción

Para garantizar que el nuevo pavimento se adhiera al antiguo, se aplicará una capa de adherencia, también conocida como impregnación bituminosa, durante la construcción del arcén de hormigón asfáltico. Utilizando plantillas de madera o metal, se dará al arcén la forma adecuada. El Manual de Seguridad Vial (2017) establece que, una vez conseguida la forma adecuada y completada la cantidad apropiada de compactación, se añadirá grava al arcén para mejorar su rugosidad.

El pavimento existente debe cortarse y retirarse antes de poder excavar la zona de acuerdo con la disposición prevista para construir los arcenes de hormigón Portland. Los

arcenes de caucho y otros materiales pueden prefabricarse; no obstante, su instalación debe ajustarse a las especificaciones técnicas del fabricante. Debe instalarse un sistema de drenaje adecuado para evitar que el agua se acumule en los extremos de los arcenes. La instalación de canalones o sumideros en todo el perímetro del arcén es una opción que debe considerarse. Se aconseja utilizar esta solución. Es imperativo garantizar que la construcción del arcén y su señalización se realicen simultáneamente para minimizar el riesgo de accidentes. En ningún caso está permitido realizarlas en momentos distintos. A continuación se indica la distancia entre arcenes recomendada en situaciones urbanas, en caso de que se requieran arcenes sucesivos, según el Manual de Seguridad Vial (2017).

Tabla 5. *Espaciamiento entre resaltos en zonas urbanas*

Velocidad de paso del primer resalto (Km/h)	Espaciamiento (m)						
	20	40	60	80	100	120	140
	Velocidad de operación entre resaltos (Km/h)						
20	13	14	15	16	18	19	20
25	15	16	17	18	20	21	22
30	17	18	19	20	22	23	24
35	19	20	21	22	24	25	26

Nota. Traffic Advisory Leaflet 2/96 del Departamento de Transporte de Londres.

- **Zonas de aproximación**

Definición

Este tipo concreto de dispositivo de limitación de velocidad se instala en la zona de aproximación de la carretera, situada cerca de un área donde existe un mayor riesgo de que se produzcan accidentes. En su composición se incluye una combinación de indicadores verticales y horizontales. Al conductor se le presentará una ilusión óptica que tiene el potencial de advertirle de la probabilidad de verse implicado en un

accidente o de convencerle para que reduzca la velocidad. El objetivo de este dispositivo es crear una ilusión óptica (Manual de seguridad vial, 2017).

Criterios de implementación

- ✓ En carreteras de zonas rurales.
- ✓ Cuando se pasa de regiones rurales a urbanas o viceversa, se utilizan partes de transición.
- ✓ En las intersecciones donde los peatones cruzan la calle.
- ✓ En zonas cercanas a badenes.
- ✓ Para complementar otros reductores de velocidad, entre otros casos de uso.

Tipos

- ✓ Sin resalte, con líneas que han sido pintadas.
- ✓ Con resalte, incluidas las tiras prefabricadas que tienen un pequeño resalte de aproximadamente tres milímetros de altura.

Diseño

- ✓ Según el Manual de Seguridad Vial (2017), para llevar a cabo el diseño, se requiere realizar una inspección de la zona donde se prevé ubicar el dispositivo. Esta inspección será llevada a cabo por un ingeniero especializado en señalización vial. El ingeniero analizará los efectos del dispositivo, así como la reasignación de flujos en otras rutas.
- ✓ Asegúrese de que conoce el límite de velocidad de la ruta, así como la señalización existente.
- ✓ Se incluye una sección transversal de la carretera y planos de planta.

- ✓ Un desglose de la tasa media diaria anual (IMDA) y el tipo de tráfico.
- ✓ Llevar un registro de los accidentes e incidentes ocurridos en el pasado en la región, así como de las quejas de los residentes locales u otras personas que utilicen las carreteras, y de las encuestas.

Dimensiones de la zona de aproximación

- ✓ Habrá líneas blancas paralelas al eje de la carretera.
- ✓ Se utilizará un espaciado logarítmico para calcular la distribución de las líneas, y sólo se cubrirá el carril de tráfico orientado en la dirección de aproximación.
- ✓ La distancia longitudinal y el número de líneas necesarias para estas marcas dependen de lo diferente que sea el diseño o el funcionamiento de la vía en relación con la velocidad necesaria para su restricción.
- ✓ Cada segmento de línea pintada debe tener sesenta centímetros de longitud. En caso de que las líneas consistan en elementos prefabricados, también deberán existir tramos de sesenta centímetros de las bandas.
- ✓ Las señales verticales correspondientes se colocarán en los lugares adecuados para complementar las zonas de aproximación tanto en calzadas asfaltadas como pavimentadas.
- ✓ Si las zonas de aproximación se encuentran en carreteras asfaltadas, se instalará algún tipo de pavimento de precio razonable para facilitar la instalación de las líneas transversales. En caso de que esto no sea factible, se utilizarán las señales verticales pertinentes para ejecutar las líneas transversales.

2.2.2. Pavimentos

Definición

Un pavimento, según Barrios (2007), se compone de múltiples capas de material bien elegido. Estas capas proporcionan una superficie de apoyo que debe ser funcional, absorbiendo rápidamente las cargas del tráfico y distribuyéndolas a las capas inferiores. Debe tener suficiente amplitud para los trazos horizontales y verticales, suficiente resistencia a las tensiones para evitar fallos y grietas, y suficiente adherencia entre el vehículo y el pavimento -incluso cuando está húmedo- para que funcione según lo previsto. Tiene que mostrar suficiente resistencia contra los impactos deteriorantes de la intemperie, el tráfico y el agua. Necesita estar en un entorno cómodo y con buena visibilidad para evitar problemas de desgaste. Dado que las tensiones en un pavimento disminuyen con la profundidad, es ventajoso colocar materiales con una mejor capacidad de carga en las capas superiores del pavimento. En comparación con los materiales utilizados en la construcción de terraplenes, estos recursos están más fácilmente disponibles en la naturaleza y son de calidad inferior, lo que contribuye a su coste reducido.

Según Montejo (2006), un pavimento se compone de múltiples piezas convenientemente compactadas y técnicamente sólidas. Estas piezas se apilan unas sobre otras siguiendo un patrón de estratificación relativamente horizontal. A lo largo del proceso de construcción, estos diseños estratificados de la estructura del firme deben ser capaces de soportar las fuerzas provocadas por las cargas recurrentes del tráfico. Los movimientos de tierra realizados durante la fase exploratoria construyeron la subrasante de la calzada sobre la que se apoyan estas estructuras.

Según Tapia (n.d., p. 8), la infraestructura vial es el resultado de modificar el estado natural de la topografía y construir la infraestructura necesaria para producir una superficie lo suficientemente grande como para soportar el pavimento. Los movimientos de tierra, los

desmontes, los terraplenes y los proyectos de drenaje forman parte de ella y son necesarios para preservar el flujo natural y garantizar la estabilidad general de la construcción fundacional. Por el momento, sabemos que los pavimentos pueden describirse como un sistema que responde a funciones de excitación exhibiendo respuestas basadas en leyes físicas particulares. Las leyes físicas en cuestión dictarán la interacción de las tensiones, las deformaciones unitarias, el tiempo y la temperatura. Dicho de otro modo, el pavimento es un sistema formado por diversos materiales que se disponen en capas y se asientan sobre una capa de subrasante, que proporciona estabilidad. Las cargas de tráfico están destinadas a ser recibidas directamente por este sistema, dispersadas y repartidas por las capas inferiores.

Tipos de pavimentos

En la actualidad, existe una amplia gama de pavimentos que, según las normas convencionales, pueden clasificarse en las siguientes categorías: rígidos y flexibles, mixtos o compuestos. A continuación, examinaremos los componentes que integran cada uno de estos diferentes tipos de pavimentos (Tapia, s.f.).

- Pavimentos flexibles

En muchos casos, el ligante bituminoso se apoya sobre dos capas que no son rígidas y que se denominan base y subbase. A continuación se presenta un ejemplo de los diferentes tipos de pavimento que existen. Según Montejo (2006), una de estas capas puede ser eliminada completamente de la estructura, sin embargo esto depende de los requerimientos específicos de cada proyecto individual. No es factible argumentar en contra de ésta.

Debido a la capa de rodadura de mezcla asfáltica que se mezcla en estos pavimentos, a veces se hace referencia a ellos como pavimentos asfálticos en lugar de pavimentos de

asfalto. Esto se debe a que los pavimentos de asfalto se utilizan más comúnmente. A pesar de que su coste de producción inicial era menor, tenían la desventaja de requerir un mantenimiento continuo para garantizar que perduraran el tiempo adecuado.

Fue durante este período cuando se produjo un aumento en la cantidad de aplicaciones de carga, así como en la intensidad de estas, lo que en última instancia dio lugar al desarrollo de pavimentos con capacidades estructurales mejoradas. Algunas de las capas que se utilizaron en la construcción de estos pavimentos estaban tratadas o estabilizadas con cemento, o eran capas profundas de mezclas asfálticas que se denominaban mezclas de "profundidad total". El espesor de estas capas oscilaba entre treinta y cuarenta centímetros. Además, debido a las capas de asfalto que cubren su superficie, estos pavimentos suelen denominarse pavimentos flexibles. Esto se debe a la apariencia de los pavimentos. Según Tapia (s.f.), el comportamiento estructural de las capas inferiores es muy distinto al de las capas superiores, a pesar de que las capas inferiores de la estructura son tanto o más rígidas que las capas superiores.

- Pavimentos rígidos

Los esfuerzos se dispersan por una gran parte de toda la estructura debido a la gran rigidez y al elevado coeficiente de elasticidad del hormigón hidráulico. Esencialmente, se trata de pavimentos compuestos por una losa de hormigón hidráulico colocada sobre una subbase -una capa de una sustancia específica- que sirve de soporte. Esta capa se denomina subbase del pavimento rígido para dar una explicación de este. La resistencia de las losas utilizadas en la construcción de un pavimento rígido tiene un impacto significativo en el rendimiento del pavimento. Esto podría explicarse por el hecho de que el hormigón sólo puede soportar una cierta tensión de tracción de cualquier tipo. Como resultado, el soporte de las capas bajo el pavimento no influye en el diseño del espesor del pavimento (Montejo,

2006).

Para pavimentos rígidos, las losas de hormigón hidráulico sirven como superficie de apoyo; estas losas pueden o no estar soportadas por armadura de acero. Si el pavimento es rígido, entonces éste proporciona la superficie de rodamiento. Debido a su mayor rigidez, pueden dispersar el peso del automóvil a niveles inferiores haciendo uso de toda la losa, así como de las losas adyacentes que trabajan en tándem con la losa que es inicialmente responsable de soportar el peso. Esto es posible gracias a su capacidad para distribuir el peso. Las deformaciones y flexiones elásticas son prácticamente inexistentes en un diseño sin juntas. Esto es especialmente válido para juntas y bordes de losa. Es inconcebible que este tipo específico de pavimento se doble como reacción al pandeo de las capas inferiores sin poner en peligro su estabilidad estructural. En la mayoría de los casos, sólo es necesario reparar las juntas de las losas, lo que no suele ser muy significativo (Tapia, s.f.).

- Pavimentos mixtos o compuestos

La construcción de pavimentos mixtos, que suelen denominarse pavimentos compuestos, consiste en superponer una capa de asfalto sobre otra de hormigón hidráulico. Su justificación se basa en la existencia de redes y servicios bajo la calzada, que deben quedar protegidos del impacto de los automóviles. Dado que esta es la razón de su utilización, se utilizan en lugares públicos como las calzadas. Debido a su posición, que restringe el uso de excavaciones más profundas, es imposible colocar una construcción convencional de pavimento flexible. Este hecho imposibilita la colocación de asfalto. Del mismo modo, son capaces de poseer una mayor capacidad estructural, lo que en última instancia se traduce en un mejor rendimiento (Tapia, s.f.).

Elementos que integran un pavimento flexible

Hay tres capas diferentes que componen respectivamente los pavimentos flexibles. La base, la subbase y la subrasante son las capas que componen esta superficie. Estos pavimentos son típicos de una superficie de rodamiento, que a menudo se apoya en capas de material blando, y su creación les confiere sus características distintivas. A continuación (Coronado, 2002) se ofrece una visión general de todas y cada una de ellas:

a) Subrasante: La capa de tierra que se encuentra debajo de una carretera sirve para proporcionar soporte a la estructura del pavimento. Una vez que alcanza cierta profundidad, no tiene ninguna repercusión en la carga de diseño adecuada para el patrón de tráfico previsto. Tomar las precauciones necesarias para garantizar que la subrasante satisface los criterios necesarios de resistencia, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción provocadas por la humedad es de suma importancia. Esto se debe al hecho de que el estado de la subrasante tendrá un impacto considerable en el espesor del pavimento (Humpiri, 2015).

b) Subbase: Capa de la construcción de pavimentos que es la principal responsable de la transmisión de cargas, la provisión de soporte y la distribución de cargas de forma desigual por toda la superficie del pavimento que se está desgastando. Los cambios naturales del suelo que tienen el potencial de influir en la subbase son absorbidos por la capa de subrasante con el fin de hacer posible que la subbase sea soportada por la capa de subrasante. Las alteraciones de volumen y elasticidad que tienen el potencial de causar daños al pavimento son deber de la subbase, que soporta el trabajo de regular estos cambios. Los materiales granulares se utilizan con tanta frecuencia debido a las muchas aplicaciones diferentes para las que pueden emplearse. Estas aplicaciones incluyen el control de la subida del agua por capilaridad y el funcionamiento como capa de drenaje, que ayudan a mantener intacta la estructura del pavimento. Existe un fenómeno que se produce durante

la estación de las heladas y que se conoce como hinchamiento del agua inducido por las heladas. Esto ocurre cuando los capilares se dilatan. Este hinchamiento provocará el fallo del pavimento en caso de que la subbase o el subsuelo que se encuentra debajo del pavimento sea insuficiente (Humpiri, 2015).

c) Base granular: La capa de rodadura es la capa que cubre el pavimento. La función principal de la capa de rodadura es distribuir y transferir las cargas generadas por el tráfico a la subbase y, a través de ella, a la rasante. Además, la capa de rodadura puede colocarse porque esta capa es la que hace posible que siga siendo viable. Para su fabricación se utiliza piedra de primera calidad triturada junto con material de relleno. Alternativamente, puede fabricarse utilizando una mezcla de tierra natural, arena y grava. Todavía existe una copia disponible de la base que se creó originalmente. Cada una de estas características, incluyendo el tamaño de las partículas, la forma, la densidad relativa, la fricción interna y la cohesión, vendrá determinada por la proporción de finos y áridos gruesos en la mezcla. Todos estos diferentes aspectos serán los responsables de determinar el nivel de estabilidad del material (Humpiri, 2015).

d) Superficie de rodadura o carpeta asfáltica: Se trata de la capa que se coloca encima de los cimientos después de fijarse a ellos. El objetivo principal de este tratamiento es impermeabilizar la superficie del pavimento para salvar su estructura. Esto se hace para evitar las filtraciones de las lluvias, que pueden inundar totalmente las capas inferiores. De este modo, las capas situadas bajo la superficie quedan protegidas de la desintegración debida al funcionamiento del vehículo (Humpiri, 2015)

Vida de un pavimento flexible

Una vez terminada la construcción de una calzada, ésta comienza automáticamente a deteriorarse de forma continua y permanente. La vida de los pavimentos flexibles puede dividirse en tres periodos distintos, que pueden examinarse observando su comportamiento:

1. Fase de consolidación: Durante esta fase inicial de la vida de un pavimento flexible, las cargas que soportan las ruedas al rodar provocan cierta consolidación de las capas del pavimento. Esta fase tiene lugar cuando el pavimento se encuentra todavía en su fase inicial. En este momento, el pavimento está empezando a tomar forma. Por lo general, las cosas se estabilizan rápidamente cuando finaliza este pequeño periodo de preocupación. Según Rodríguez y Rodríguez (2004), depende del grado de compactación que experimenten los distintos estratos durante el proceso de construcción y no debería producirse si ha sido el adecuado. También depende del hecho de que ya se haya producido.

2. Fase elástica: El período en que el pavimento estará en servicio determina cuándo comienza esta fase, que es justo después de la última. Si la fase de consolidación está presente, cualquier carga que cause una deformación permanente tiene tendencia a convertirse en una deformación transitoria con recuperación elástica instantánea. Esto ocurre mientras la carga se encuentra en la fase de consolidación. La deflexión (rebote) es el movimiento de cada neumático en la dirección vertical descendente que se recupera después de que el vehículo haya atravesado la zona. No se ha producido ninguna rotura generalizada del pavimento durante la era elástica. Esta regla sólo se aplica a deformaciones o fallos menores provocados por fallos del material, humedad excesiva u otras circunstancias no especificadas. En esta fase, las capas asfálticas experimentan esfuerzos de tracción, mientras que las capas granulares

experimentan esfuerzos de compresión. Estas tensiones son provocadas por las deformaciones elásticas que generan las cargas aplicadas. La duración de esta fase está directamente relacionada con la longevidad del pavimento, que está correlacionada con las deflexiones potenciales que el pavimento puede encontrar. Según Rodríguez y Rodríguez (2004), las deflexiones importantes en los pavimentos suelen tener el efecto contrario, lo que se traduce en una menor vida útil. Por otro lado, los pavimentos con deflexiones mínimas suelen durar más. Los estudios realizados sobre superficies pavimentadas que están actualmente en uso lo ponen de manifiesto.

3. Fase de fatiga: En este punto, la construcción ha alcanzado su fase final de existencia. Las tensiones de tracción presentes en las capas de asfalto se deben a las deformaciones provocadas por las ruedas de los coches que se mueven una y otra vez sobre el asfalto. Como resultado de la fase elástica, estas presiones continúan acumulándose hasta que la capa finalmente se rompe por agotamiento tras un número predeterminado de pasadas. Es en ese momento cuando la carretera empieza a colapsarse gradualmente en toda su extensión, hasta el punto de que prácticamente es necesario reconstruir toda la carretera. El inicio del fallo por fatiga viene marcado por la producción de fracturas longitudinales, que finalmente conducen al colapso del pavimento debido a la penetración de agua en la superficie y al tráfico recurrente (Rodríguez y Rodríguez, 2004). Ambos factores contribuyen al colapso del pavimento. En este punto, el pavimento ha alcanzado el final de su vida funcional.

Determinación del efecto de las cargas transmitidas por los diferentes ejes sobre un pavimento flexible

Uno de los parámetros de diseño más impredecibles es el peso de los vehículos y cómo afectan al firme. Independientemente del grado de conocimiento que tengamos sobre los pavimentos, es innegable que una gran variedad de cargas y automóviles atraviesan diariamente un segmento específico del pavimento. Por ejemplo, se puede observar que un tipo de vehículo circula vacío mientras que otro transporta cemento, cerveza, materiales de construcción o cualquier combinación de éstos. Las cifras alcanzables y controlables deben derivarse de la gran variedad de formas e intensidades de carga reales. Esto se debe a que la conducción en carreteras públicas siempre implica un cierto grado de incertidumbre para todo tipo de vehículos. Según Corros, Urbáez y Corredor (2009), el eje estándar se definió como la carga normalizada o estándar. Se hizo así por la misma razón.

En los países occidentales, el término "eje estándar" suele referirse a una carga por eje de 8.200 kilogramos (equivalente a 80 kilonewtons o 18 kg) en un eje de cuatro ruedas. A este eje estándar había que atribuirle un valor unitario para un peso estándar de dieciocho kilos en un solo eje de cuatro ruedas (también conocidas como ruedas "morochas") para tener en cuenta el efecto que creaba el eje al pasar por encima de un bordillo. Para garantizar la exactitud del eje estándar se realizó lo siguiente. Por cada pulgada que pesa un eje, se destruyen dieciocho mil libras de pavimento flexible. Cada vez que el eje pasa sobre el componente se produce un proceso conocido como factor de daño. Esta simplificación llevó a definir los factores de equivalencia de carga como "valores numéricos que definen el daño causado por el paso de un vehículo o eje sobre una sección de pavimento en relación con el daño causado por el paso del vehículo o eje sobre la misma sección de pavimento" (Corros, et al., 2009). La idea de los factores de

equivalencia de carga es el resultado de esta simplificación. Dicho de otro modo, los "factores de equivalencia" son los que permiten que las repeticiones de ejes múltiples tengan un impacto comparable en el pavimento al de una repetición de un solo eje.

Para calcular científicamente los factores de equivalencia de los ejes simples y en tándem (dobles y triples) se utilizó la prueba de carretera de la Sociedad Americana de Funcionarios de Transporte por Carretera (ASHTO). Estos factores de equivalencia se calcularon en función de una serie de elementos, como el tipo de pavimento (rígido o flexible), el espesor del pavimento, el estado final de la calidad de rodadura del pavimento al finalizar el proyecto, y la medición de la carga y la configuración del eje que transfiere la carga al pavimento. La relación exponencial que se presenta a continuación ofrece una explicación sencilla de estos factores (Corros et al., 2009). Son los siguientes:

$$\text{Factor de equivalencia} = [\text{Carga en eje} / \text{Carga normalizada}]$$

Fallas en pavimentos flexibles

- Causas del surgimiento de las fallas

Hay una serie de elementos que, a lo largo de la vida útil de un pavimento, influyen en la calidad de su firme. Estos factores dificultan la capacidad del pavimento para cumplir su función, que es proporcionar a los usuarios la oportunidad de viajar de forma segura, cómoda y económica. A continuación se enumeran algunos de los elementos que pueden contribuir al deterioro del pavimento (Corros, et al., 2009):

1. Al final de la primera fase de diseño tampoco se habían llevado a cabo acciones de rehabilitación destacables durante el periodo de diseño. El fallo en este caso es el que se había previsto o anticipado previamente.
2. En contraste con las primeras estimaciones para el diseño del firme, se produjo un aumento del tráfico.

3. Tanto en las técnicas empleadas como en el calibre de los materiales utilizados en la construcción, hubo deficiencias en el proceso de construcción.
4. Hay problemas con el diseño, incluidos errores en la estimación del tráfico y la evaluación de las características de los materiales.
5. Circunstancias meteorológicas inesperadas, como precipitaciones inusualmente elevadas.
6. Sistemas de drenaje inadecuados por debajo o por encima de la superficie.
7. Los pavimentos no se cuidan en absoluto o no se reparan o mantienen.

Según las conclusiones de Corros et al. (2009), los fallos se pueden clasificar como estructurales o funcionales (superficiales), dependiendo de las circunstancias que los hayan provocado. El primer escenario es aquel en el que el fallo se limita a la superficie de la capa asfáltica, y los procedimientos de restauración se centran en aumentar la fricción (para garantizar la seguridad) o en restaurar la regularidad o la rugosidad (para proporcionar confort). Para lograr este objetivo es absolutamente necesaria la aplicación de algunas capas finas de asfalto que no tengan impacto en la construcción. El fallo de la estructura del firme se debe, en la mayoría de los casos, a defectos en una o varias de las capas que componen la estructura del firme. Para que la subrasante o el suelo de cimentación del pavimento esté sometido a la menor cantidad de presiones y se distribuya de la forma más uniforme posible, estas capas se construyen de forma que puedan soportar y distribuir las tensiones creadas por el tráfico. Esto se hace para garantizar que el pavimento se construye correctamente. En situaciones como ésta, el propósito de la reparación de fallos es añadir una capa a la estructura que ya existe para reforzarla de cara al futuro. Para determinar el grosor de esta capa, se recomienda utilizar las cargas de tráfico que se prevé que se produzcan durante el plazo previsto para la restauración. Hay dos causas principales por las que se derrumba una

estructura, y son las siguientes:

El fenómeno de agrietamiento, que es otro término para designar las deformaciones persistentes, tiene lugar siempre que se aplican cargas a un material, como afirma Montejo (2006). Una situación como ésta ocurre cuando los materiales que se utilizan en la construcción del pavimento tienen una capacidad de recuperación de deformaciones que "excede el valor determinado por las deformaciones recuperables por elasticidad instantánea y retardada." Como consecuencia, no sólo se produce la modificación de los perfiles de la calzada a valores inasumibles en términos de confort, seguridad y velocidad de circulación, sino que también implica la posibilidad de colapso de la estructura existente.

A nivel de: corrosión o deformaciones irreversibles son posibles:

- Suelos de subrasante, capas de base y/o subbase granulares.
- Capas asfálticas.

Debido a que debilita el suelo, la humedad en el suelo a menudo puede provocar fallos en entornos agrícolas. Debido a ello, el suelo no puede soportar los pesos colocados sobre él, sino que se deformará de forma no elástica y plástica, y no es posible que se recupere de esta deformación en el futuro. Las capas de asfalto desarrollan roderas debido a que las mezclas adquieren gradualmente deformaciones diminutas y persistentes a causa del tráfico pesado (camiones). Esta es la razón por la que se producen las roderas. Según Corros et al. (2009), las roderas pueden producirse en una capa asfáltica situada bajo la superficie o directamente en la capa asfáltica que se encuentra en la superficie. La capa asfáltica de la superficie refleja entonces la deformación que se produce en esta última capa.

Las variaciones de temperatura provocan la contracción de la mezcla asfáltica, lo que da lugar a un tipo distinto de agrietamiento. La mezcla asfáltica es responsable de este tipo concreto de agrietamiento que puede observarse. Este tipo concreto de agrietamiento se

denomina "agrietamiento en bloque" o "agrietamiento por contracción", y no está relacionado con el acto de conducir cargas. Del mismo modo, cuando se utilizan mezclas asfálticas para reparar pavimentos de hormigón Portland, las fracturas pueden parecer lo contrario de las juntas inflexibles del pavimento. Esto se debe a que las fracturas muestran una falta de flexibilidad. Ambos fenómenos no son incompatibles entre sí. Una grieta de reflexión es el nombre dado a esta forma particular de fractura. El fallo que resulta de este tipo de actividad se denomina agrietamiento por reflexión. Numerosos factores influyen en el comportamiento de una mezcla asfáltica cuando experimenta una deformación irreversible. Estos componentes incluyen el tipo de ligante asfáltico utilizado, el tamaño, la forma y la calidad de las partículas, así como los porcentajes de los distintos áridos en la mezcla. Para garantizar que las mezclas asfálticas funcionan según lo previsto (Corros et al., 2009):

- Soportar la tensión aplicada en la base de la capa asfáltica " σ_h ".
- Ser lo suficientemente elásticas para soportar la aplicación de carga repetida sin romperse (fatiga).

Es de suma importancia que la subrasante, la base y/o las capas de subbase granular tengan la capacidad de soportar los esfuerzos de compresión que se simbolizan con el símbolo " σ_v " para evitar la formación de roderas o deformaciones irreversibles. En conclusión, es crucial tener en cuenta que el estado de un pavimento necesita ser "diagnosticado" para decidir el curso de acción más apropiado para su mantenimiento y/o reparación. Esto es algo que debe tenerse presente en todo momento. Ello requiere un esfuerzo considerable. Este trabajo implica recopilar información sobre el tipo y el volumen de tráfico de la carretera, los espesores y la calidad de las capas del firme, el estado de fricción de la capa de rodadura, el tipo de suelo de cimentación o subrasante, el

historial de trabajos de mantenimiento y/o rehabilitación anteriores, las estructuras de drenaje (tipo, ubicación y estado), los factores climáticos, la topografía y otros factores. También hay otros factores que se tienen en cuenta. Además de reconocer los fallos que ya se han producido, este esfuerzo también implica la identificación de los fallos que aún no se han producido (Corros et al. 2010).

- Tipos de fallas en pavimentos flexibles

- **Desintegraciones**

- **Peladuras**

Desintegración superficial de la capa asfáltica por separación de partículas y/o pérdida de ligante bituminoso. Cuando los áridos están expuestos a elementos externos como la intemperie y el tráfico, la rugosidad del material del pavimento se hace más notable (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) Asfalto de mala calidad o asfalto que se ha endurecido y ha perdido sus propiedades aglutinantes.
- 2) Áridos defectuosos excesivamente absorbentes o contaminados.
- 3) Defectos de construcción.
- 4) Efectos de materiales peligrosos (disolventes, agua, etc.).

b) Niveles de severidad

- 1) Bajo: Dispersos por la superficie del pavimento había desprendimientos que variaban en tamaño y forma de menores a significativos. Se ha observado que el árido fino y/o el ligante han empezado a desprenderse en distintos lugares. A pesar de la presencia de aceites y disolventes en determinadas zonas, todavía es posible identificar restos de estas

sustancias; la superficie mantiene su solidez y no puede romperse con una moneda.

2) Moderado: Hay una cantidad significativa de desconchamiento de agregado de piedra fina y/o aglutinante. una superficie que es abierta y áspera. Una moneda puede penetrar en la superficie porque ésta se vuelve más flexible como resultado de la acción de los aceites.

3) Severa: Textura muy rugosa, desconchados extensos de partículas gruesas y finas de piedra, y huecos de menos de 15 milímetros de profundidad. El árido se ha vuelto más suelto como resultado de la acción de los aceites, lo que ha hecho que el asfalto pierda su capacidad de unir el material.

- Exudación de asfalto

La sustancia bituminosa que se denomina protuberancia y se eleva desde la mezcla hasta la superficie del pavimento. El efecto final es una superficie reflectante, resbaladiza y pegajosa, además de brillante. Debido a ello, disminuye la resistencia al derrape (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) La combinación presenta una cantidad excesiva de asfalto en su composición.
- 2) Es mediante la aplicación de material bituminoso como se crean las juntas.
- 3) Cuando se calienta, el asfalto con bajo contenido en huecos rellena los huecos y sube a la superficie del asfalto. Esto ocurre porque los huecos aumentan de volumen.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: Aunque estén aislados, la influencia de las pequeñas migraciones de asfalto que se producen en la superficie hace que la pigmentación de la superficie se haga

notable.

- 2) Moderada: En los carriles de canalización del tráfico se forma una película continua cuando hay un exceso de asfalto.
- 3) Severa: En presencia de una cantidad considerable de asfalto libre. una mancha oscura que da la impresión de que el pavimento está mojado.

- Baches descubiertos

La mezcla asfáltica pasa por un proceso de descomposición total, también conocido como desintegración, y se rompe hasta cierto punto, lo que en última instancia conduce a la formación de espacios vacíos con bordes afilados. Estos factores tienen una enorme influencia en las carreteras y en la seguridad de las personas. Este derrumbe en concreto se produjo por una confluencia de causas, entre ellas la falta de mantenimiento y la acumulación de fallos ocurridos en el pasado (Barrios, 2007)

a) Causas posibles

- 1) Tanto los cimientos como los contrapisos son inestables.
- 2) Espesor insuficiente.
- 3) Defectos de construcción.
- 4) En lugares hundidos o agrietados, retención de agua en esos lugares.
- 5) Daños como grietas, piel de cocodrilo, etc. No reparados a tiempo.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: Presenta una profundidad inferior a 25 milímetros y un diámetro medio inferior a 200 milímetros.
- 2) Moderada: Presenta una profundidad que oscila entre 25 y 50 milímetros y un diámetro medio que oscila entre 200 y 500 milímetros.

3) Severa: La profundidad es superior a cincuenta milímetros y el diámetro medio es superior a quinientos milímetros.

c) Medición

- 1) El proceso de recuento del número de baches en función de los distintos niveles de dificultad.
- 2) La determinación del nivel de gravedad de los baches mediante el recuento del número de baches expresado en metros cuadrados de la superficie afectada.

- Desintegración de bordes

Como consecuencia del tráfico, los márgenes del pavimento se van destruyendo poco a poco. Común en autopistas que no tienen sardineles y tienen bermas que no están pavimentadas (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) Actividad de tráfico localizada.
- 2) No hay confinamiento lateral.
- 3) No se ha realizado suficiente compactación del borde.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: Fracturas que discurren paralelas al borde. Desde el borde del pavimento hay pequeñas roturas de menos de 25 milímetros. No hay pérdida de fragmentos de pavimento o se descubre un número muy pequeño de piezas faltantes.
- 2) Moderada: Presencia de grietas paralelas al borde y de gran severidad, así como desconchados de cualquier tipo, sin que las grietas lleguen a la desintegración o rotura completa. grieta que se encuentra entre 25 y 75 milímetros del borde. El borde del

pavimento tiene un aspecto dentado porque hay partes que faltan.

3) Severa: Una desintegración importante del borde (a más de 75 milímetros del borde), con una cantidad significativa de trozos desprendidos por el tráfico. Como resultado del aspecto serpenteante del borde, la anchura de la calzada se reduce sustancialmente.

- Deformaciones

• Hundimientos

Depresión en la superficie del pavimento que se localiza en una sección específica del mismo. Debido a que hay menos restricción lateral cerca de los bordes, o en otros lugares de la superficie del pavimento, estos son los lugares (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) Se trata del asentamiento de los cimientos.
- 2) Problemas con la construcción.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: La profundidad máxima oscila entre 13 milímetros y 25 milímetros.
- 2) Moderada: La profundidad máxima oscila entre 26 milímetros y 50 milímetros.
- 3) Severa: Profundidad mínima inferior a cincuenta milímetros.

• Corrugaciones y desplazamientos

La superficie del pavimento se deforma y ondula como consecuencia de los desplazamientos de la mezcla asfáltica. El material con el que se hacen los cordones se levanta. Indicios típicos de estos defectos son las irregularidades en el perfil y el serpenteo del límite (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) Hay un impacto en la acción del tráfico, concretamente en las zonas de aceleración y frenado.
- 2) Hay una cantidad excesiva de asfalto y no hay huecos.
- 3) El desarrollo de esta avería se ve facilitado por temperaturas elevadas.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: Produce una cierta cantidad de vibraciones en el interior del vehículo sin causar molestias.
- 2) Moderada: El vehículo experimenta una gran cantidad de vibraciones, lo que puede resultar incómodo.
- 3) Severa: Es responsable de que el vehículo experimente vibraciones importantes y prolongadas. Debe reducirse la velocidad, ya que existe un riesgo para su seguridad.

• Ahuellamiento

Depresiones de una longitud superior a seis metros y continuas a lo largo de las vías de circulación de vehículos. En situaciones en las que el radio de influencia de la zona de roderas es relativamente limitado, la fuente de la zona de roderas es el pavimento. En cambio, cuando el radio de influencia es muy grande, las fuentes de la zona de roderas son los cimientos y el suelo (Barrios, 2007):

a) Causas posibles

- 1) La circulación de pasajeros.
- 2) Pavimento estructuralmente inadecuado en su diseño.
- 3) Debido a que la base del pavimento tiene una estabilidad insuficiente.

b) Niveles de severidad

- 1) Baja: Es inferior a 13 milímetros de media.
- 2) Moderada: La profundidad típica oscila entre 13 y 25 milímetros.
- 3) Severa: Es superior a 25 milímetros de media.

-Fisuraciones o agrietamientos**• Fisuramiento longitudinal**

Una grieta en el pavimento paralela al eje del vehículo.

a) Causas posibles

- 1) Acción del tráfico, desgaste del pavimento.
- 2) El método de construcción de juntas longitudinales (pavimento mixto) carece de la calidad suficiente.
- 3) La mezcla asfáltica puede encogerse debido a la rigidización del betún o a la reflexión de las fisuras creadas por grietas ya existentes bajo la superficie de apoyo.
- 4) Confinamiento lateral insuficiente. En este caso concreto, las fisuras aparecen a una distancia de 0,30 a 0,60 centímetros del borde del material.

b) Niveles de severidad

- 1) Las grietas no selladas con una anchura inferior a 10 milímetros, sin ramificaciones y con un sellado satisfactorio se consideran bajas.
- 2) Grietas no selladas con una anchura de entre 10 y 20 milímetros, grietas no selladas con una anchura inferior a 20 milímetros y ramificación, o grietas selladas con cualquier anchura siempre que presenten ramificación.
- 3) Las grietas no selladas con una anchura superior a 20 milímetros o cualquier grieta que presente ramificaciones se consideran graves.

- **Fisuramiento transversal**

Podría producirse una grieta en el pavimento transversal al eje de la vía o casi transversal (Barrios, 2007):

a) Causas posibles

- 1) Debido a un espesor inadecuado del pavimento o a una falta de sobreancho de las capas inferiores a lo largo de los bordes del pavimento, éste puede considerarse inadecuado.
- 2) Existe una pérdida de flexibilidad en la mezcla asfáltica como resultado de variables como el exceso de relleno, la edad del asfalto y otros factores. Esta pérdida de flexibilidad hace que la mezcla asfáltica se encoja.
- 3) Las grietas en las capas inferiores y las aberturas en las juntas de construcción que no cumplen las especificaciones son dos características que definen el pavimento mixto. También se observan grietas en las capas inferiores.

b) Niveles de severidad

- 1) Las grietas no selladas con una anchura inferior a 10 mm, sin ramificaciones y con un sellado satisfactorio se consideran bajas. También se exige un sellado satisfactorio.
- 2) Hay tres tipos de grietas: grietas no selladas con una anchura de entre 10 y 20 milímetros, grietas no selladas con una anchura inferior a 20 milímetros y ramificación. Además, existen grietas selladas de cualquier anchura, siempre que presenten ramificaciones.
- 3) Las grietas no selladas con una anchura superior a veinte milímetros o cualquier grieta que presente ramificación se incluyen en la categoría de grietas graves.

- **Fisuramiento de borde**

Agrietamiento del pavimento que discurre paralelo al borde del pavimento, normalmente entre 300 y 600 milímetros del borde. El fallo se acelera por la presencia de tráfico. Se considera que la región del pavimento que se encuentra entre la grieta y el borde se está desmoronando si hay separación y fractura de trozos enteros (Barrios, 2007).

- a) **Causas posibles**

- 1) No hay suficiente apoyo para la berma lateral.
- 2) La zona tiene un sistema de drenaje débil.
- 3) En lo que respecta al borde del pavimento, falta confinamiento y compactación.

- b) **Niveles de severidad**

- 1) La ubicación es baja, con una distancia inferior a 300 mm del borde del pavimento. Aparece una sola fractura o dos grietas paralelas entre sí.
- 2) Las grietas que se consideran moderadas son las que están situadas a más de 300 mm del borde del pavimento. Las grietas que son numerosas y están conectadas entre sí formando una red.
- 3) alcanzan una distancia superior a 600 mm del borde del pavimento y se evalúan como graves.

- **Fisuramiento en bloque**

Las secciones aproximadamente rectangulares del pavimento están separadas entre sí por una red de grietas relacionadas entre sí. Los bloques pueden tener dimensiones que van desde unos treinta centímetros por treinta centímetros hasta tres metros por tres metros. Es posible una gran variedad de dimensiones. Parece que el pavimento se ha vuelto significativamente más quebradizo o se ha corroído como consecuencia de este defecto. La piel de cocodrilo se distingue de este material por estar

más concentrada en zonas propensas a la actividad automovilística y por estar formada por piezas más pequeñas que presentan ángulos agudos (Barrios, 2007):

a) Causas posibles

- 1) El hormigón y el asfalto sufren contracciones.
- 2) La temperatura fluctúa a diario.

b) Niveles de severidad

- 1) Grietas simples que miden menos de 10 milímetros y están separadas entre sí pero interconectadas para formar un «mapa».
- 2) Entre 10 y 20 milímetros, las grietas interconectadas empiezan a producir muchas grietas. Se considera moderada.
- 3) Grave: Múltiples grietas que están interconectadas y miden más de 20 milímetros.

• Fisuramiento piel de cocodrilo

Se producen pequeños polígonos irregulares con ángulos agudos como resultado de la creación de una serie de grietas relacionadas entre sí. La dimensión máxima es inferior a 0,60 metros. En las capas inferiores de los materiales asfálticos es donde primero se manifiesta esta fractura. A medida que se avanza en dirección a la superficie del elemento, la fractura se hace más extensa. Cuando se trata de pavimentos mixtos, la presencia de este fenómeno no siempre tiene lugar (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) Las capas de asfalto desarrollaron fatiga como resultado de estar sometidas a cargas repetidamente superiores a las permitidas.
- 2) Indica que la integridad estructural del pavimento adolece de alguna deficiencia.

b) Niveles de severidad

- 1) Se caracteriza por fracturas muy finas de menos de 1,5 milímetros de anchura, paralelas y con muy poca conectividad, que dan lugar a polígonos de una longitud determinada. Las distorsiones son inferiores a 13 milímetros.
- 2) Las fracturas son de tamaño fino a moderado, de menos de 5 milímetros, y están interconectadas, dando lugar a la formación de polígonos pequeños y angulosos. La distorsión oscila entre 13 y 25 milímetros.
- 3) Una malla cerrada de pequeños polígonos claramente definidos está formada por grietas que son graves. Antes de que se eliminen, es posible que algunos de estos componentes sean vulnerables al movimiento como consecuencia del tráfico. Errores superiores a 25 milímetros.

• Fisuramiento por reflexión de juntas:

Una de las razones más típicas del fracaso de los pavimentos mixtos es la colocación de superficies asfálticas sobre pavimentos inflexibles que contienen juntas. Se producen grietas de tipo transversal y longitudinal como consecuencia de que las juntas del pavimento rígido se reflejan en la superficie asfáltica. La naturaleza de las grietas viene determinada por las características de las juntas (Barrios, 2007).

a) Causas posibles

- 1) El movimiento de las losas de hormigón puede producirse por diversas razones, como la deflexión térmica y la relacionada con la carga.
- 2) El movimiento del tráfico puede causar desconchados, que a la larga pueden dar lugar a la formación de baches.

b) Niveles de severidad

- 1) Bajo: Grietas no selladas, con una anchura media inferior a 10 milímetros y sin desconchados o grietas selladas de cualquier anchura, con un sellado aceptable. Durante la circulación de un vehículo, no producen ningún golpe.
- 2) Moderadas: Grietas no selladas con una anchura media de entre 10 y 20 milímetros, grietas no selladas con una anchura inferior a 10 milímetros, con indicios de desconchamiento en los márgenes y/o con ligeras grietas erráticas en sus proximidades, y eventuales baches o grietas selladas de cualquier anchura, y un sellado inadecuado. Los vehículos son más propensos a ser golpeados por las grietas.
- 3) Cualquier grieta, sellada o sin sellar, que esté rodeada de grietas superficiales de moderadas a graves, así como cualquier bache o grieta sin sellar de más de 20 milímetros de ancho, se considera grave. Las grietas son responsables del intenso golpeteo que sufren los automóviles.

2.3. Definición de términos básicos

Carretera: Se trata de una carretera con un mínimo de dos ejes destinada a la circulación de vehículos de motor. Además, las propiedades geométricas de la carretera deben decidirse de acuerdo con las especificaciones técnicas de las que se encarga actualmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Reductor de velocidad: Algunos dispositivos de control de la velocidad tienen por objeto disuadir a los conductores de conducir a tanta velocidad.

Zona de aproximación: Para crear un sistema eficaz de reducción de la velocidad, se creará una señalización vial en torno al dispositivo.

Densidad: El número de coches que utilizan un determinado tramo de carretera o carril en un momento dado se denomina «densidad» de la zona. Normalmente, para expresar esta cantidad se utiliza el método de vehículos por kilómetro (v/km).

Intensidad: Es una expresión que indica la velocidad a la que los automóviles atraviesan un punto o sección transversal, así como una longitud de carril o calzada, en un tiempo determinado, que suele ser de quince minutos.

Niveles de servicio: Los niveles de servicio, o LOS, se utilizan para evaluar características como la seguridad, la comodidad, la maniobrabilidad y la capacidad de elegir el ritmo adecuado en una ruta.

Señalización: La señalización vial es un dispositivo que dirige y controla el tráfico, tanto peatonal como rodado, para asegurarse de que se hace de forma cómoda, segura y fácil para todas las partes.

Vehículo: Se denomina vehículo a cualquier objeto o maquinaria que pueda circular por una vía pública.

Volumen: El volumen es el número total de vehículos que circulan por un punto o sección transversal, así como por una parte de un carril o carretera, durante un periodo de tiempo determinado. Es posible definir los volúmenes en términos de horas, días, horas al año o menos de horas por hora (cada 15 minutos).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Métodos, y alcance de la investigación

3.1.1. Método de la investigación: Científico

El método utilizado en esta investigación fue el método científico. Este método se distingue de otros principalmente por el hecho de que comienza por cuestionar las creencias previas y, una vez que consigue dar respuesta a las preguntas, la información recién adquirida se incorpora a un nuevo cuerpo de teorías que amplían el campo inicial del que proceden, lo que en última instancia conduce a la aparición de nuevas incertidumbres (Príncipe, 2018).

3.1.2. Alcance de la investigación: (nivel)

La profundidad de la investigación, también conocida como el alcance de la investigación relacional, se refiere a la profundidad con la que se examina la relación entre dos o más variables. Esta frase describe tanto el alcance como la profundidad de la investigación realizada. Encontrar el tipo, el grado y la dirección de cualquier vínculo o dependencia entre variables es el objetivo de la investigación relacional, además de determinar si existe o no una relación entre las variables. Además de sus numerosos usos, puede ser empleada para diversos propósitos como caracterización, yuxtaposición, pronóstico y elucidación de ocurrencias que involucran variables asociadas. (2018) Según Mendoza y Hernández.

3.2. Diseño de la investigación

No se están realizando experimentos como parte de la presente investigación, que tiene un diseño transversal o transeccional. Este tipo de diseño se utiliza cuando el investigador no puede controlar, manipular ni ejercer ningún otro efecto sobre los sujetos durante el proceso de investigación. Para llegar a una conclusión, el investigador se basará en la interpretación o las observaciones. Por ello, el enfoque debe ser capaz de mostrar una verdadera relación causa-efecto y no puede basarse en encuestas, correlaciones o estudios de casos (Príncipe, 2018).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

A pesar de que es de suma importancia investigar a los constituyentes de la población, hacerlo es difícil o imposible debido a la gran cantidad de constituyentes. Como consecuencia directa de ello, se recoge una muestra que sea representativa de la población total (Sánchez, 2019). La población estuvo conformada por la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín.

3.3.2. Muestra: Representativa

La población capaz de proporcionar información sobre el estado actual del elemento investigado está formada por un subconjunto relativamente pequeño de la población. El porcentaje de la población total que representa no es muy alto en comparación con la población total. Es una porción de la población total representativa de la misma (Sánchez, 2019). La muestra estuvo conformada por el tramo de vía comprendido entre el Óvalo de la Av. Julio Sumar y la entrada del distrito de Tres de Diciembre, que tiene una longitud aproximada de 8 km, que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín.

3.3.3. Muestreo: No probabilístico intencional o conveniencia

En este estudio se utilizó el muestreo de conveniencia, que es otro nombre para la muestra intencionada no probabilística.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1. Técnica

De acuerdo con Silvestre y Huamán (2019), las técnicas de investigación son un conjunto de métodos que el investigador utiliza para alcanzar objetivos específicos o para abordar un tema en particular que es el centro del estudio. Entre las técnicas utilizadas se utilizó una estrategia de observación estructurada. Esto se hizo ya que se tenía la certeza de que los hechos que se observarían no serían modificados. Al realizar la fase documental de nuestra investigación, dimos la misma importancia a la lectura de libros, revistas y otros materiales relacionados con nuestro tema. No sólo eso, sino que también examinamos cuidadosamente los datos que descargamos de recursos en línea.

3.4.2. Instrumentos: Ficha de recopilación de información

Los tipos de documentos que se utilizarán para recoger la información necesaria para la metodología del estudio se denominan "instrumentos de recogida de datos". De acuerdo con Silvestre y Huamán (2019), el instrumento que se consideró fue una lista de verificación que comprendía preguntas que se eligieron en función de los elementos que se evaluarían. Para su elaboración se tomaron en cuenta los objetivos de la investigación. Las características físicas, químicas y biológicas del agua se determinaron antes y durante el proceso terapéutico utilizando fichas de campo para la medición de caudales y los equipos de laboratorio correspondientes a dichos caudales.

- Validez del instrumento

Para Marroquín (2020), el término «afirma» o «cierra» se refiere a algo que se aproxima a la verdad. A la luz del hecho de que los hallazgos de un estudio se consideran validados cuando la investigación está desprovista de cualquier falla.

Tabla 6. Rangos y Magnitudes de validez

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Tabla 7. Validación de expertos

Validador	Porcentaje	Valor
01 GALVEZ SALAS MICHEL	86%	0.86
02 OSCANOA SÁNCHEZ SAUL MARIO	88%	0.88
03 NINANYA AGUAYO DAVID HEVER	87%	0.87

Nota. Se aprecia el promedio de validez de los instrumentos utilizados a través del juicio de tres expertos por lo que el experto N°1 califico con un promedio de 86%, el experto N°2 calificó con un promedio de 88%, el experto N°3 califico con un promedio de 87%, según el cuestionario nos sale un resultado en el rango de promedio de 0.86 y tiene muy alta validez.

- Confiabilidad del instrumento

Es una expresión que se utiliza para indicar el grado en que la aplicación repetida a un mismo tema u objetivo tiene el efecto de producir resultados consistentes, coherentes e iguales, como afirma Marroquín (2020).

Tabla 8. Rangos y magnitudes de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

3.5. Procedimiento

Fue necesario acudir al lugar donde se investigaron los efectos del dispositivo para aplicar el diseño. Fue necesario reasignar los flujos utilizando modos de transporte alternativos antes de llegar al lugar de la ruta. Se inspeccionaron tanto los límites de velocidad permitidos en la ruta como la señalización existente. Además de las preocupaciones de los lugareños o de cualquier otra persona que pudiera haber utilizado las carreteras, se buscaron registros anteriores sobre sucesos y accidentes ocurridos en la región.

Tras una inspección preliminar, se examinaron los distintos tipos de daños detectados utilizando la técnica seleccionada entre los procesos de la PCI y las recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. A continuación, la carretera o parte de la carretera investigada se sometía a una evaluación exhaustiva utilizando los formularios adecuados. La presentación de los datos se realizó de acuerdo con los criterios y requisitos de los procedimientos que se iban a utilizar, entre los que se encontraban el PCI de Estados Unidos y el Manual de Carreteras - Conservación vial o Mantenimiento del Perú con vigencia a partir de 2016.

3.6. Métodos de análisis de datos

Una vez finalizada la etapa de procesamiento de datos, que comenzó con la recopilación de la información que se recogió durante los días de recolección, se llevaron a cabo los siguientes pasos para finalizar la etapa de procesamiento de datos (Sánchez, 2019): Abarcó no sólo la codificación de la información, la tabulación de la información y el análisis de los datos, sino que también incluyó la limpieza y ordenamiento de la información.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En este capítulo se presentan los principales resultados de la investigación, en los cuales se muestra cuáles son los reductores de velocidad tipo resalto en las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo - Tres de Diciembre, Junín, lo cual permitió generar información para la implementación de las mejoras en el área de transporte para esta ciudad por parte del gobierno local, gobierno regional e incluso hasta por parte de entes privados relacionados al transporte.

Se aprecian que los reductores de velocidad se encuentra localizados en distintos puntos de la vía, pero no se ha considerado el reglamento existente para su colocación, por lo que no se ha colocado con el criterio técnico adecuado ni con las características adecuadas.

Tabla 9. Tipo de accidentes

N°	Clase	Clase de vehículo	Motivo	Heridos
1	Atropello y despiste	Camioneta pick up	Excesiva velocidad	7
2	Atropello y despiste	Camioneta pick up	Falta de señalización	4
3	Choque	Auto	Excesiva velocidad	3
4	Despiste	Auto	Excesiva velocidad	5
5	Choque	Camión	Falta de señalización	1
6	Despiste	Minivan	Excesiva velocidad	6
7	Despiste	Camioneta pick up	Estado de la vía	5
8	Atropello	Camioneta rural	Excesiva velocidad	4
9	Choque	Automóvil	Excesiva velocidad	3
10	Choque	Camioneta	Excesiva velocidad	4
11	Atropello	Camioneta	Excesiva velocidad	4
12	Choque	Automóvil	Excesiva velocidad	3

Nota. MPC 2021.

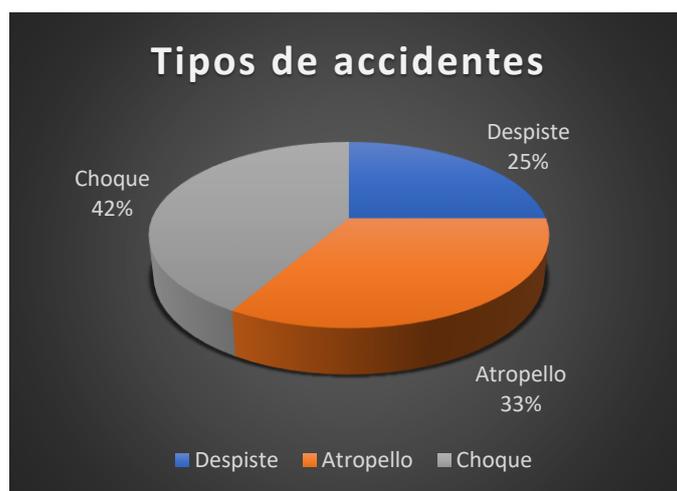


Figura 4. Porcentaje de los tipos de accidentes

Los reductores de velocidad tipo resalto en las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín

La distorsión crónica observada en zonas específicas de la carretera probablemente también esté causada por la deformación de la subrasante. La deformación plástica del hormigón asfáltico es responsable del desarrollo de la distorsión. Es evidente que las deformaciones sustanciales provocan desplazamientos o hundimientos en el pavimento

flexible. En la superficie del pavimento, estos desplazamientos y hundimientos se manifiestan como roderas e incluso asentamientos importantes. Esto es particularmente beneficioso para el pavimento flexible. La existencia de deterioros tales como deformaciones persistentes es un método para determinar el estado estructural del pavimento. Estas deformaciones pueden estar relacionadas únicamente con la capa superficial del pavimento, o pueden estar relacionadas con las distintas capas del pavimento en su conjunto. Es fundamental tener en cuenta esta observación, ya que las cargas circulantes suelen provocar deformaciones elásticas verticales del material de la capa granular y del suelo de la subrasante. El pavimento parece tener deformaciones permanentes como resultado de que la grava y los suelos tienen deformaciones verticales que exceden el límite permisible. Este tipo de deformaciones incluyen hundimientos y roderas de radio enorme.

Los badenes pueden provocar fallos en sus inmediaciones debido a la tensión del tráfico, el frenado prematuro y el drenaje pluvial inadecuado de la carretera, todo lo cual agrava el deterioro del pavimento. La zona es transitada por una amplia gama de vehículos, incluidos camiones, semirremolques, autobuses y turismos ligeros.

Podemos afirmar que son esenciales en la zona objeto de estudio científico debido a sus funciones, entre las que se incluyen garantizar que los vehículos de motor circulen a una velocidad controlada, reducir la velocidad de funcionamiento de los vehículos de motor al entrar en una zona conflictiva y fomentar la armonía entre los usuarios de la carretera y el entorno de la zona de influencia. Además de que la velocidad de circulación sea de al menos cincuenta kilómetros por hora, debería haber sido obvio que se instalaran badenes en la carretera por la misma razón. Además, estos badenes deberían haberse utilizado junto con señalización adicional para advertir a los conductores de su presencia.

Según la norma, habría sido aceptable que estos dispositivos se reconocieran por colores y formas que contrastaran con la carretera. Del mismo modo, cuando haya alumbrado de

carretera con un sistema de iluminación diferenciado, deberían haberse establecido en zonas que pasen de rurales a urbanas y viceversa. Esto habría garantizado que la gente pudiera ver el aparato, dónde estaba y si había o no peatones alrededor.

La autoridad responsable tenía la opción de aprobar y confirmar la construcción del bache una vez finalizado el estudio de ingeniería vial e instalados los dispositivos de control del tráfico de acuerdo con la edición más reciente del Manual de Dispositivos de Control del Tráfico de Automóviles para Calles y Carreteras. Esto se hizo antes de la construcción del bache. Además, era de suma importancia asegurarse de que se instalaba suficiente señalización, tanto horizontal como vertical, en la salida. Es realmente necesario tomar medidas para solucionar este problema.

Se tienen fallas en el:

Kilómetro 0+664.23 Huancayo Av. Julio Sumar

➤ Deterioros o falla estructural

- Tipo de falla: reparaciones o parchado
- Gravedad 1: reparación bacheo para deterioros

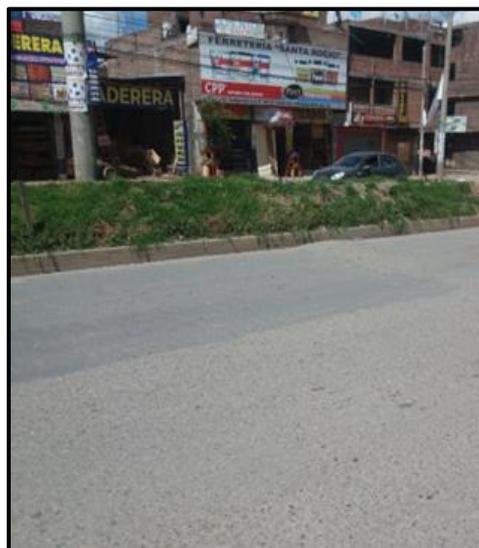


Figura 5. Fallas de la vía en la progresiva 0+664.23

Kilómetro 2+256.74 Pilcomayo

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 6. Fallas de la vía en la progresiva 2+256.74

Kilómetro 2+638.19 Pilcomayo

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 7. Fallas de la vía en la progresiva 2+638.19

Kilómetro 2+812.69 Pilcomayo

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 8. Fallas de la vía en la progresiva 2+812.69

Kilómetro 3+361.69 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm
- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: ahuellamiento
 - Gravedad 1: profundidad <_6mm



Figura 9. Fallas de la vía en la progresiva 3+361.69

Kilómetro 3+794.30 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 10. Fallas de la vía en la progresiva 3+794.30

Kilómetro 3+841.71 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm

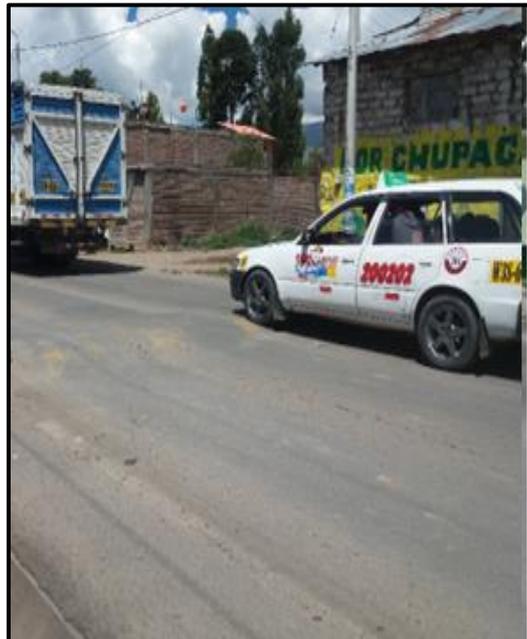


Figura 11. Fallas de la vía en la progresiva 3+841.71

Kilómetro 4+255.65 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 12. Fallas de la vía en la progresiva 4+255.65

Kilómetro 4+315.16 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 13. Fallas de la vía en la progresiva 4+315.16

Kilómetro 4+786.96 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 14. Fallas de la vía en la progresiva 4+786.96

Kilómetro 6+631.43 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 15. Fallas de la vía en la progresiva 6+631.43

Kilómetro 6+669.07 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 16. Fallas de la vía en la progresiva 6+669.07

Kilómetro 6+861.16 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 17. Fallas de la vía en la progresiva 6+861.16

Kilómetro 7+328.31 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 18. Fallas de la vía en la progresiva 7+328.31

Kilómetro 8+095.66 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 19. Fallas de la vía en la progresiva 8+095.66

Kilómetro 8+534.92 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 20. Fallas de la vía en la progresiva 8+534.92

Kilómetro 8+804.65 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm

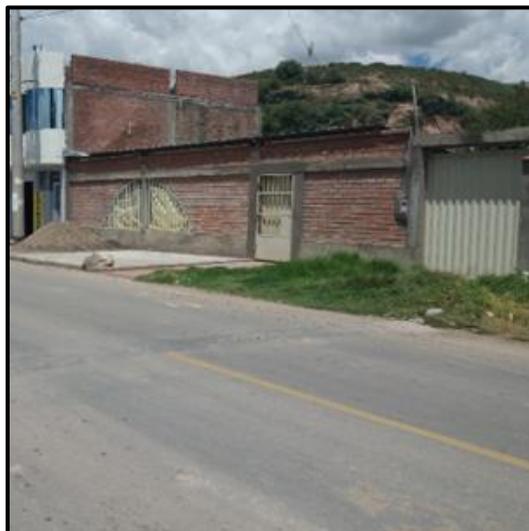


Figura 21. Fallas de la vía en la progresiva 8+804.65

Kilómetro 9+194.81 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 22. Fallas de la vía en la progresiva 9+194.81

Kilómetro 9+362.24 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 23. Fallas de la vía en la progresiva 9+362.24

Kilómetro 9+650.10 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 24. Fallas de la vía en la progresiva 9+650.10

Kilómetro 4+255.65 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: ahuellamiento
 - Gravedad 1: profundidad <_6mm



Figura 25. Fallas de la vía en la progresiva 4+255.65

Kilómetro 4+897.96 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: ahuellamiento
 - Gravedad 1: profundidad $<_6\text{mm}$



Figura 26. Fallas de la vía en la progresiva 4+897.96

Kilómetro 8+804.65 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: ahuellamiento
 - Gravedad 2: profundidad $>6\text{mm}$ y $<_12\text{mm}$



Figura 27. Fallas de la vía en la progresiva 8+804.65

Kilómetro 9+362.24 Tres de Diciembre

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: ahuellamiento
 - Gravedad 1: profundidad $<_6$ mm



Figura 28. Fallas de la vía en la progresiva 9+362.24

Kilómetro 2+084.57 Pilcomayo

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2 cm



Figura 29. Fallas de la vía en la progresiva 2+084.57

Kilómetro 6+052.10 Huamancaca Chico

- Deterioros o falla estructural
 - Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
 - Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <2cm



Figura 30. Fallas de la vía en la progresiva 6+052.10

Los reductores de velocidad tipo resalto en las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo - Tres de Diciembre, Junín

La presencia de grietas en el pavimento es un claro indicio del deterioro de la carretera y proporciona información sobre la salud estructural del pavimento. Sin embargo, este problema puede afectar sólo a la capa superficial, o puede afectar a todas las capas del pavimento al mismo tiempo. Recuerde que las capas inferiores del asfalto sufren regularmente deformaciones como resultado de las tensiones de flexión elástica horizontal provocadas por las cargas de circulación. Esto es algo que debe tener en cuenta. Sin duda, esto es algo que debe tenerse en cuenta. Las deformaciones por esfuerzos de flexión horizontales son superiores al límite admisible en las regiones inferiores de las capas de asfalto. A medida que las fracturas se extienden hacia arriba, estas capas se rompen en la base de la estructura. Algunos ejemplos de estas fracturas son las grietas en la piel de los cocodrilos y las fracturas longitudinales en la

superficie de la carretera. Cuando se trata de deterioros o fallos, como grietas en la carretera, es importante tener en cuenta que a menudo están causados por cargas repetitivas, como indica la curva de fatiga del material. Tener esto en cuenta es algo necesario. Los reductores de velocidad circulares en la progresiva 0+136.54 de la Av. Julio Sumar de Huancayo se han deteriorado de la siguiente manera: cada uno de ellos:

➤ Deterioros o fallas estructurales

- Tipo de falla: fisuras longitudinales
- Gravedad 2: fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas ancho $>1\text{mm}$ y $<3\text{mm}$

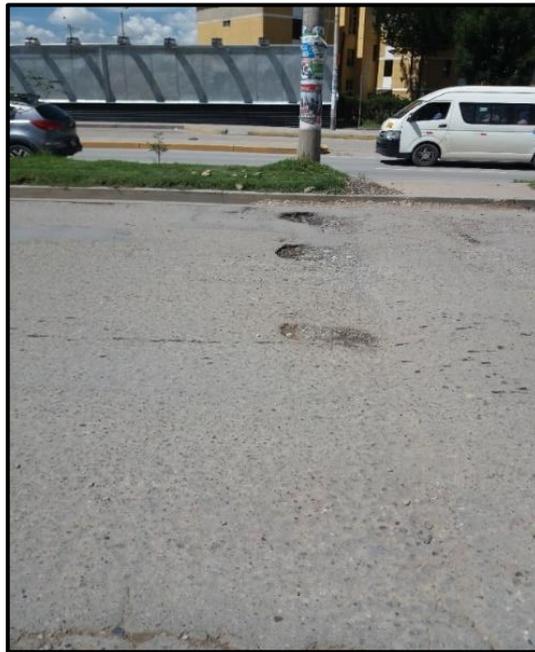


Figura 31. Fallas de la vía en la progresiva 0+136.54

Los reductores de velocidad tipo resalto en las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín

La mayoría de los deterioros superficiales encontrados a lo largo de la ruta de investigación eran el resultado de una combinación de causas, como un diseño deficiente de los productos, condiciones locales únicas que empeoraban con un mayor tráfico y un mal diseño de la carretera. Además, eran el resultado de un deterioro natural o de estructuras que no funcionaban correctamente. Es posible distinguir entre los tres tipos de grietas causadas por la tensión del pavimento, aunque los baches, las grietas transversales y las roderas no están causadas por la tensión del pavimento.

También es importante tener en cuenta los dispositivos de reducción de velocidad, que incluyen señales verticales y horizontales, en la zona de alto riesgo de accidente y en la zona de aproximación a la carretera. La ley obliga a su uso en las partes de aproximación a los pasos de peatones, en los tramos elevados de aproximación de reducción de velocidad y en las regiones que actúan como corredores de conexión entre zonas rurales y urbanas. Además, la ley exige su uso. También deben ser de la variedad superior, lo que significa que deben estar hechos de bandas prefabricadas que estén al menos tres milímetros por encima del suelo. Además, el tamaño de los arceles de las piezas circulares en función de la velocidad prevista no se incluyó en las directrices de seguridad vial de 2017 publicadas por la Comisión de Transporte de Misuri. Esto fue un grave error.

Es crucial llevar a cabo una investigación sobre la posibilidad de que el arcén de la persona estuviera hecho de uno de los siguientes materiales. En conjunto, estos materiales se componen de hormigón asfáltico, caucho, hormigón porcelánico y hormigón asfáltico caliente o frío. Cuando proceda, las propiedades del material deben cumplir los requisitos especificados en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras. Es imperativo atenerse a los criterios del Manual de Dispositivos de Control del Tráfico de

Automóviles para Calles y Carreteras a fin de garantizar que las marcas se dispongan de conformidad con los requisitos del manual. Además, fue posible emplear un tipo alternativo de material que cumplía exactamente las condiciones necesarias para subrayar la importancia de este componente.

La planificación de la aplicación de una impregnación bituminosa, o capa de adherencia, fue crucial a lo largo de la construcción de la repavimentación de hormigón asfáltico. Se hizo así para garantizar que el reasfaltado se adhiriera al pavimento actual. Los badenes que ya estaban colocados debían tener esto en cuenta. Es posible que se utilizaran plantillas de metal o madera para dar al arcén la forma adecuada. La mezcla se reforzará añadiendo grava en cuanto se consiga la forma deseada. Hacer esta observación llevó a analizar las directrices de seguridad vial de 2017 del MTC, que muestran que las cuestiones enumeradas anteriormente no se tuvieron en cuenta en la ruta investigada.

Kilómetro 0+136.54 Huancayo Av. Julio Sumar

➤ Deterioros o fallas superficiales

- Tipo de falla: baches (huecos)
- Gravedad 3: diámetro >0.5m



Figura 32. Fallas de la vía en la progresiva 0+136.54

Kilómetro 0+664.23 Huancayo Av. Julio Sumar

➤ Deterioros o falla superficial

- Tipo de falla: peladura
- Gravedad 1: puntal sin la base granular (peladura superficial)



Figura 33. Fallas de la vía en la progresiva 0+664.23

Kilómetro 3+794.30 Huamancaca Chico

➤ Deterioros o falla superficial

- Tipo de falla: peladura o desprendimiento

- Gravedad 1: puntual sin aparición de la base granular



Figura 34. Fallas de la vía en la progresiva 3+794.30

Kilómetro 3+841.71 Huamancaca Chico

➤ Deterioros o falla superficial

- Tipo de falla: peladura o desprendimiento
- Gravedad 1: puntual sin aparición de la base granular



Figura 35. Fallas de la vía en la progresiva 3+841.71

Kilómetro 4+786.96 Huamancaca Chico

➤ Deterioros o falla superficial

- Tipo de falla: peladura o desprendimiento

- Gravedad 1: puntual sin aparición de la base granular



Figura 36. Fallas de la vía en la progresiva 4+786.96

Kilómetro 10+127.71 Tres de Diciembre

➤ Deterioros o falla estructural

- Tipo de falla: deformación por deficiencia estructural
- Gravedad 1: profundidad sensible al usuario <math><2\text{cm}</math>



Figura 37. Fallas de la vía en la progresiva 10+127.71

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con referencia a los badenes del barrio El Tambo-Tres de Diciembre de Junín, que presentan deformaciones persistentes de los pavimentos flexibles, es claro que las fallas estructurales, las depresiones persistentes o localizadas y el ahuellamiento producido por el comportamiento inestable de la capa de rodadura son las causas principales de las deformaciones típicas de estos pavimentos. En cada caso se utilizó una regla rígida orientada transversalmente para medir la distancia a la que se producía el incidente con el fin de determinar la gravedad de este. Esto ilustra el aspecto de las deformaciones provocadas por las averías estructurales. La huella del neumático muestra una depresión continua a lo largo de los márgenes del pavimento. La anchura de la depresión oscila entre 0,5 y 0,8 metros. Los materiales de una o varias capas del pavimento y de la subrasante están concentrados y compactados como resultado de un flujo de tráfico concentrado y focalizado, lo que explica el comportamiento en cuestión. Esta compactación está directamente causada por el gran volumen de tráfico de la zona. Cuando la superficie del pavimento se hunde en ese punto concreto, se forma una depresión en esa porción concreta de la superficie del pavimento. Normalmente se extiende a todo el borde del pavimento. Es el resultado de un problema de estabilidad o apoyo provocado por piezas defectuosas o por un contenido excesivamente alto de humedad en el aire que las rodea. Para medir la profundidad del ahuellamiento observado es necesario utilizar una regla transversal rígida colocada a 1,50 metros de distancia, a fin de realizar una evaluación metódica de la gravedad del ahuellamiento notificado. En esta presentación se estudia el comportamiento viscoelástico de la capa desgastada y se analizan sus consiguientes deformaciones. La banda de rodadura está situada entre 0,5 y 0,8 metros del borde del pavimento, es visible y tiene una anchura inferior a 0,8 metros. La reactividad viscoelástica de la capa deteriorada al flujo elevado canalizado es lo que provocó este

resultado de reacción. El estudio "análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento vial en la región Puno" de Humpiri (2015) y el nuestro pueden compararse para ver cuáles son las fallas superficiales más comunes en el área investigada: ahuellamiento, desgaste superficial y fracturas que ocurren tanto longitudinal como transversalmente. Estos problemas, que tienen un efecto adverso en la finalización del proyecto, son en su mayoría el resultado de errores cometidos en el diseño, la construcción y la gestión del proyecto. Estas deficiencias son la raíz de los problemas actuales. Por ello, tras una evaluación exhaustiva de la carretera debe determinarse la mejor línea de actuación para continuar con el mantenimiento. Otra ventaja es que garantiza que la carretera se mantiene de acuerdo con la normativa. Las averías superficiales en la región investigada demuestran que el mantenimiento inadecuado de las carreteras es la causa principal de la degradación de las infraestructuras. Es evidente que estos deterioros superficiales suelen ser de intensidad leve. El grado de servicio de la carretera puede elevarse utilizando las técnicas de mantenimiento de carreteras que sugiere este estudio, ya que pueden reparar los daños con rapidez y precisión. Si no se realizan tareas de mantenimiento para un tipo concreto de daños, es imposible minimizarlos eficientemente al máximo. Uno de los factores que influyen en la conservación de las infraestructuras viarias es el mantenimiento, que contribuye a aumentar el confort y a alargar la duración de los trayectos. El examen de los métodos utilizados para identificar los fallos superficiales en los firmes flexibles pone de manifiesto que existe un amplio espectro de fallos. Esta es la conclusión que puede extraerse del informe. Los ingenieros de carreteras podrán elaborar sugerencias para las inspecciones de carreteras con ayuda de esta información.

Una característica de los badenes del tramo Junio El Tambo-Tres de Diciembre es la aparición de fracturas, que son un signo de fatiga longitudinal. La existencia de estas fracturas evidencia que los pavimentos flexibles han fallado. Estas grietas comienzan como una única fractura discontinua y pronto crecen hasta convertirse en fracturas continuas que se extienden

por toda la longitud de la grieta. Otra cosa a tener en cuenta es que la ramificación suele producirse antes de que las grietas relacionadas con el tráfico se multipliquen y, finalmente, se sequen por completo. Los eventos relacionados con la fatiga fueron la causa de los fallos que se encontraron en este caso concreto. Las capas de betún sometidas con frecuencia a cargas que superan el límite admisible son la manifestación de estos problemas. Este es el punto en el que aparecen los problemas. El hecho de que esto se vea desde una perspectiva diferente plantea la posibilidad de que haya un problema con la construcción del pavimento. Las capas situadas bajo el betún proporcionan pruebas de este fallo. El principal factor que favorece la propagación de las fracturas superficiales es el orden de magnitud del entramado. La mayoría de las veces, los niveles de gravedad de las fracturas superficiales dictan los niveles de gravedad de las fracturas. Además, se ha descubierto que este tipo específico de defecto está tipificado por fracturas que dan lugar a polígonos asimétricos de ángulo agudo. Cuando se ven por primera vez, estos polígonos no parecen ser muy malos; muestran polígonos parcialmente formados que fueron causados por fisuras cerradas o de anchura cero en la superficie. Dicho de otro modo, estos polígonos definitivamente no tienen ninguna cualidad muy mala. Además, es fundamental recordar que una serie de variables, como la temperatura y la cantidad de tráfico en el cruce, pueden hacer que disminuya el tamaño de la malla. Se ha demostrado que los límites de la estructura de fractura han experimentado una pérdida de material. El hecho de que las capas de asfalto hayan estado sometidas repetidamente a presiones superiores a lo que se consideraba un nivel seguro puede haberlas desgastado, lo que sería una explicación del colapso. Esto sugiere que el pavimento bajo la superficie de la carretera tiene un defecto estructural. El agrietamiento que al principio sólo empezaba a aparecer en las capas inferiores de asfalto se ha extendido completamente a la superficie del pavimento. Es fundamental recordar que la red está organizada en una jerarquía de niveles, siendo el nivel 1 el componente que funciona externamente. Es de vital importancia

recordar esto. Las fracturas típicamente muestran muy poca o ninguna amplitud. Cuando se comparan los hallazgos de Lozada (2018) y su investigación de "Tratamiento de grietas para la conservación del pavimento flexible en el tramo Perico San Ignacio - Cajamarca 2018", se evidencia que se completó una evaluación técnica del nivel de conservación y falla del pavimento flexible actual. Este es el resultado de la analogía. Además, se hizo énfasis en el tipo de carga que puede soportar, así como el mantenimiento que recibe. Esta evaluación se completó en el transcurso de tres días, incluyendo una inspección del lugar. Durante el viaje para inspeccionar el pavimento flexible de la carretera Perico-San Ignacio, se descubrieron importantes defectos geológicos. Una vez identificados estos defectos, se requiere una investigación más técnica. Además, se recogieron testigos de asfalto para realizar una investigación físico-mecánica. Los porcentajes de contenido de cemento asfáltico que se obtuvieron fueron bastante bajos como resultado de los lavados de asfalto que se realizaron en cada núcleo de asfalto. Esto sugiere que se han perdido algunas de las propiedades viscoelásticas de la capa asfáltica, lo que la hace vulnerable a posibles fallos tempranos como el desconchamiento y el agrietamiento de los áridos (muy parecido a la piel de cocodrilo). Se han documentado varios casos de fallos relacionados con la fatiga en capas finas de asfalto. Los signos claramente visibles de estos fallos incluyen el desconchamiento de los áridos, que desgasta la superficie de la capa de rodadura, y el agrietamiento, que imita la piel de cocodrilo. Estas dos circunstancias apuntan al fallo.

Es evidente que este tipo específico de fallo es la causa del desprendimiento de la capa asfáltica cuando observamos los badenes levantados y los pavimentos flexibles degradados a lo largo del tramo de carretera que va de El Tambo a Tres de Diciembre en el mes de junio. La pérdida de ligante bituminoso o de árido podrían ser las dos causas potenciales. Además, dependiendo de la situación, la capa de rodadura puede partirse total o parcialmente. Los efectos de sustancias agresivas como el agua y los disolventes, los fallos de adherencia o

dosificación en el asfalto, el asfalto endurecido que ha perdido sus propiedades aglutinantes, los áridos excesivamente absorbentes o potencialmente contaminados y los problemas de construcción son algunas de las cosas que se investigan. Estos son sólo algunos de los numerosos temas investigados. En los casos en los que no se observaron desconchados o un aspecto granular en la superficie, los niveles de gravedad descubiertos sirven para predecir el potencial. Es típico que la capa de rodadura relativamente pequeña se desgaste y se desintegre, dando lugar a los agujeros detectados a lo largo de la carretera medida. El descuido por parte del individuo hace que se multipliquen y se extiendan como una cadena, cubriendo a menudo un área similar a la circunferencia de un neumático de automóvil. Extremadamente importante es recordar que el problema puede haber sido provocado por un mantenimiento negligente de la propiedad. Estas averías se derivan de otros deterioros, como que la carretera no haya recibido ningún mantenimiento o que éste haya sido inadecuado desde el inicio del proyecto. Por el contrario, Zevallos (2017) encontró que las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca en el año 2017 pueden ser identificadas y evaluadas mediante el PCI del pavimento, índice numérico que puede ir desde cero (0) para un pavimento fallido o en mal estado hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. El pavimento parece estar en un nivel constante como resultado de los hallazgos, lo que sugiere que necesita ser reparado. Esto sugiere que es imperativo llevar a cabo un mantenimiento correctivo en las regiones que se han deteriorado y realizar un mantenimiento preventivo en todos los sitios. Como resultado, durante la vida útil esperada de varias vías en la ciudad de Barranca, el pavimento se mantendrá en buenas condiciones y continuará cumpliendo la función prevista. Ciertas secciones de la unidad de muestra fueron impactadas por la falla tipo piel de cocodrilo que resultó de las reparaciones realizadas en la Av. José Gálvez Barrenechea. Se determinó que las grietas que se descubrieron existían independientemente y a separaciones significativas unas de otras, en lugar de parecer estar conectadas a alguna red o malla. Como

resultado, la mayor parte de las unidades de muestreo se encuentran ahora en un estado generalmente regular y constante. Esto se produjo como consecuencia de la rotura estructural de la piel de caimán, que afectó negativamente al pavimento. La avenida está flanqueada a ambos lados por bermas que se han construido exactamente a la misma altura para garantizar que la altura del carril y la de la berma sobre la que se asienta sean exactamente iguales. Además, durante la fase de reparación se construyeron unas sencillas bermas de hormigón para evitar que este tipo de daños se produjeran posteriormente. No había fracturas por reflexión de juntas visibles en el pavimento, ya que no había ninguna otra capa de pavimento duro por debajo de la capa asfáltica. La base y la subbase granular son los únicos materiales utilizados en la construcción del pavimento flexible; no se emplean losas de hormigón de ningún tipo. De los requisitos de inspección se desprende claramente que no se tendrá en cuenta el árido pulido en la misma zona si se tiene en cuenta la exudación. Esto nos lleva al final de los requisitos de inspección. Casi todas las unidades de muestra presentaban exudación, a excepción de U-1 y U-2, que por alguna extraña razón no tenían agregado pulido. Todas las demás unidades irradiaban fluido.

CONCLUSIONES

1. Las variaciones en el fallo por deformación se deben a fenómenos de fatiga, que surgen cuando se aplican cargas recurrentes por encima de los niveles admisibles a una o varias capas del firme y de la subrasante. Se trata de una prueba de que el firme investigado presenta defectos estructurales, porque es el caso. Podría analizar las deformaciones permanentes que se producen en los pavimentos flexibles si realizara recuentos de vehículos durante toda una semana, empezando el lunes y terminando el domingo a las veinticuatro horas. Para garantizar un tráfico rodado más seguro, es necesario contar con reductores de velocidad al entrar en zonas conflictivas. Por esta razón, dado que la velocidad de operación de estos dispositivos es igual o menor a 50 km/h, se debió instalar reductores de velocidad en las vías de los tramos El Tambo, Pilcomayo y Tres de Diciembre. Adicionalmente, debieron instalarse conjuntamente con elementos de señalización que alerten a los conductores de la presencia de estos dispositivos.
2. Cuando se abordan las cuestiones de los fallos por agrietamiento degenerado a lo largo del tiempo, se tienen en cuenta las reparaciones que implican el sellado o la mezcla bituminosa en caliente. Para llegar a esta conclusión, se tienen en cuenta diversos indicadores de diagnóstico, como las deformaciones, la deflexión y la rugosidad, junto con el grado y la extensión del fallo. También es fundamental examinar las posibilidades de sellar o emplear ligante asfáltico de mezcla en caliente en el proceso de reparación cuando se trata de deformaciones, deflexión y rugosidad. Tras examinar el estado del pavimento flexible con respecto al mantenimiento de la carretera para cada característica, se obtuvo una calificación de estado «bueno», que requiere un mantenimiento rutinario. Para obtener la calificación, se hizo lo siguiente. Para ello, la carretera se dividió en trozos cada 200 metros.

Es más típico que aparezcan grietas antes o después de los badenes, lo que permite que el agua se filtre y cause daños estructurales en el pavimento.

3. La aparición de desconchones o desprendimientos puede deberse a varios factores diferentes. Entre ellos se encuentran los siguientes: la pérdida de ligante bituminoso o árido, que provoca la rotura de la capa asfáltica en la superficie; la pérdida total o parcial de la capa de rodadura como consecuencia de una adherencia o dosificación insuficiente del asfalto; y la falta de mantenimiento regular de la calzada, que provoca la aparición de baches. En nuestro experimento investigamos el impacto de los badenes en la degradación de los pavimentos peatonales flexibles utilizando el método PCI. La sección inicial del pavimento medía 690 metros lineales de longitud y 6,6 metros de anchura. Se realizaron mediciones a lo largo del trayecto. Se analizaron cuatro facetas diferentes de la infraestructura. La anchura era de 7,5 metros, y el área total cubierta superaba los 470 metros, dentro de los parámetros de la segunda fase de investigación. Los resultados mostraron que la degradación grave del firme podía explicarse de forma exhaustiva, con un índice de estado del firme (PCI) de 12,625. El PCI medio de un firme desciende a 9,25, lo que indica que el firme se ha degradado hasta el punto de que ya no puede clasificarse o mantener su clasificación. En la última etapa de la prueba, se midieron 4226 metros de longitud y 5 metros de anchura. El índice medio de estado del firme (PCI) para esta longitud fue de 64,65, lo que indica un nivel satisfactorio de calidad del firme. Las conclusiones de la investigación indicaron que la sección completada, que medía 4226 metros de longitud y 7,5 metros de anchura, tenía un índice de construcción del firme (PCI) de 64,8 y una buena descripción del firme.

4. Los reductores afectan directamente al fallo de los firmes flexibles, según las normas del manual sobre carreteras, suelos, geología, geotecnia y firmes, así como mantenimiento de carreteras. Esta es la situación El manual sobre el índice de estado de los firmes (PCI) fue otro de los recursos utilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRIOS, W. (2007). Guía teórica y práctica del curso de pavimentos y mantenimientos de carreteras. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

BARAYA, A. (2018). Resaltos viales: incómodos pero necesarios. (Artículo). Universidad de MOTOR.

BCN (BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE). (2022). Decreto 200 - Reglamenta resaltos reductores de velocidad ministerio de transportes y telecomunicaciones; subsecretaría de transportes. (Decreto). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

BRAVO, M. (2020). Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

CORONADO, J. (2002), Manual centro americano para el diseño de pavimentos. Guatemala.

CORROS, M. URBÁEZ, E. Y CORREDOR, M. (2009). Manual de Evaluación de Pavimentos. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua.

CONASET (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES) (2023). Resaltos reductores de velocidad. (Minuta Técnica). Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Chile.

- DAJES, L. (2014). Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal (rompemuelle). (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- DOÑU, M. (2008). Reductor de velocidad. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., México.
- GALÁN, A. Y VÉLEZ, J. (2013). Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- GONZÁLEZ, D. (2018). Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito. (Tesis de pregrado). Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, 2018. México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. 2018.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. ed). México D.F.: McGraw-Hill.
- HUMPIRI, K. (2015). Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región Puno. (Tesis de posgrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.

- MEDINA, A. Y DE LA CRUZ, M. (2015). Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2017). Manual de seguridad vial. Lima, Perú. Dirección General de caminos y ferrocarriles.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2011). Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC). (Directiva). Directiva del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.
- MIRANDA, R. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- MONTEJO, A. (2006). Ingeniería de pavimentos para carreteras. (3ra ed.). Colombia. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- PALLASCO, J. (2018). Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito; Ecuador.
- PRÍNCIPE, G. La investigación científica. Teoría y metodología. Fondo Editorial: Universidad Jaime Bausate y Meza. 2018.
- QUEZADA, N. Metodología de la investigación. Editorial Macro. 2015.

- RODRÍGUEZ, C. Y RODRÍGUEZ, J. (2004). Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje. (Tesis de grado). Universidad de El Salvador. El Salvador.
- SÁNCHEZ, F. Guía de tesis y proyectos de investigación. Centrum Legalis, Arequipa, Perú. 2019.
- SALCEDO, K. (2018). Evaluación del sistema de Reductores de Velocidad tipo Resalto (Rompe-muelles) en la vía de Evitamiento de la ciudad del Cusco. (Tesis). Universidad Alas Peruanas, Cusco, Perú.
- SILVESTRE, I. y HUAMÁN, C. Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria. Editorial San Marcos, Lima, Perú. 2019.
- TAPIA, M. (s.f.). Pavimentos. México. Universidad Nacional Autónoma de México. DECCFI.
- ZEVALLOS, R. (2018). Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. (Tesis de posgrado). Universidad César Vallejo, Lima; Perú.

ANEXOS

Operacionalización de las Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente Reductores de velocidad tipo resalto	Es un dispositivo estructural fijo, que opera como reductor de velocidad en los sectores de las carreteras que atraviesan las zonas urbanas y que consiste en la elevación transversal de la calzada en una sección determinada de la vía.	Dispositivos que generan la disminución de vehículos de transporte; donde dichos dispositivos presentan las dimensiones de resalto de sección circular, resalto de sección trapezoidal, resalto virtual, resalto de tipo cojines.	Resalto de sección circular	Sección circular
			Resalto de sección trapezoidal	Sección trapezoidal Crucero peatonal
			Resalto virtual	Marca en el pavimento Resaltos en serie
			Resalto de tipo cojines	Vehículos de emergencia
Variable Dependiente Deterioro de pavimentos flexibles	Es una serie de fallas o deterioros que sufre el pavimento que al manifestarse en la superficie de rodamiento, disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario.	Son fallas que presentan los pavimentos flexibles tales como las deformaciones permanentes, fisuraciones o agrietamientos y desintegraciones del pavimento flexible.		Ahuellamiento Hundimiento
			Deformaciones permanentes	Corrugación Corrimiento Hinchamiento
			Fisuraciones o agrietamientos	Fisura Longitudinal Fisura Transversal Fisura en bloques Fisura Piel de cocodrilo Fisuras reflejadas Fisuras de Arco
			Desintegraciones	Desprendimiento Peladuras Estrías Longitudinales Baches Roturas de bordes Pulimiento de Superficie

Matriz de consistencia

LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO EN LAS FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA VÍA EL TAMBO – TRES DE DICIEMBRE, JUNÍN

Problema	Objetivo	Marco teórico	Hipótesis	Variable	Metodología
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p>	<p>A Nivel Internacional</p> <p>Galán, A. y Vélez, J. (2013). <i>Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la ciudad de cuenca</i>, Provincia de Azuay. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.</p> <p>Miranda, R. (2010). <i>Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos</i>. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.</p> <p>Tapia, M. (s.f.). <i>Pavimentos</i>. México. Universidad Nacional Autónoma de México. DECCFL.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las fallas de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p>	<p>Variable 1:</p> <p>Reductores de velocidad tipo resalto</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resalto de sección circular - Resalto de sección trapezoidal - Resalto virtual - Resalto de tipo cojines 	<p>Método: Científico</p> <p>Tipo: Básica</p> <p>Nivel: Descriptiva</p> <p>Diseño: No Experimental; Transversal o transeccional, del tipo descriptivo</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>a) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?</p> <p>b) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?</p> <p>c) ¿Cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín - 2022?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p> <p>b) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p> <p>c) Describir cómo son los reductores de velocidad tipo resalto para las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2021.</p>	<p>A Nivel Nacional</p> <p>Dajes, L. (2014). <i>Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal (rompemuelle)</i>. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.</p> <p>Humpiri, K. (2015). <i>Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región Puno</i>. (Tesis de posgrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.</p> <p>Medina, A. y De la Cruz, M. (2015). <i>Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI</i>. (Tesis de pregrado). Universidad Peruanas de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>a) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las deformaciones permanentes de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p> <p>b) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las fisuraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p> <p>c) Los reductores de velocidad tipo resalto son los que propician las desintegraciones de pavimentos flexibles en la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre, Junín – 2022.</p>	<p>Variable 2:</p> <p>Fallas de pavimentos flexibles</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deformaciones permanentes - Fisuraciones - Desintegraciones 	<p>Población:</p> <p>La población estuvo conformada por la vía tramo El Tambo – Tres de Diciembre que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín. La muestra estuvo conformada por la vía tramo: el Óvalo de la Av. Julio Sumar del distrito de El Tambo – hasta la entrada del distrito de Tres de Diciembre, que están comprendidas entre la provincia de Huancayo y Chupaca del departamento de Junín. Se tuvo un muestreo no probabilístico del tipo intencional.</p>

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Nombre de la vía:

Esquema:

Evaluado por:

Fecha:

Abscisa inicial:

Tramo:

Abscisa final:

Medidas de muestra:

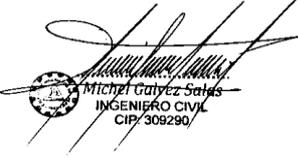
TIPOS DE FALLAS

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Piel de cocodrilo | 11 Parcheo |
| 2 Exudación | 12 Pulimiento de agregados |
| 3 Agrietamiento en bloque | 13 Huecos |
| 4 Abultamiento y hundimientos | 14 Cruce de vía férrea |
| 5 Corrugación | 15 Ahuellamiento |
| 6 Depresión | 16 Desplazamiento |
| 7 Grieta de borde | 17 Grieta parabólica |
| 8 Grieta de reflexión de junta | 18 Hinchamiento |
| 9 Desnivel carril/berma | 19 Desprendimiento de agregados |
| 10 Grietas longitudinal y transversal | |

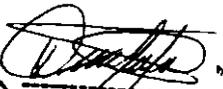
FALLAS EXISTENTES

Falla	Severidad	Cantidades parciales	Total

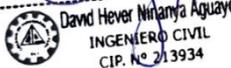
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES																					
TÍTULO DE TESIS:	LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO EN LAS FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA VÍA EL TAMBO – TRES DE DICIEMBRE, JUNÍN																				
AUTOR:	KEVIN ARNOLD QUISPE RIVERA																				
EXPERTO 01 - APELLIDOS Y NOMBRES:	GALVEZ SALAS MICHEL																				
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL																				
ESPECIALIDAD:	TRANSPORTE																				
N° DE COLEGIATURA CIP	309290																				
INSTITUCIÓN LABORAL:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ONDORES																				
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																					
INDICADORES	CRITERIOS	MUY DEFICIENTE				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENO			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																			X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																			X	
4. Organización	Existe una organización lógica																			X	
5 Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																				X
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																				X
7. Consistencia	Basado en aspectos teórico-científicos																				X
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																			X	
9. Metodología	La estrategia corresponde al propósito de diagnosticar																				X
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	
III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:		86%																			
IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:		El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación																			
 MICHEL GALVEZ SALAS INGENIERO CIVIL CIP/309290																					

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES																					
TÍTULO DE TESIS:		LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO EN LAS FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA VÍA EL TAMBO – TRES DE DICIEMBRE, JUNÍN																			
AUTOR:		KEVIN ARNOLD QUISPE RIVERA																			
EXPERTO 02 - APELLIDOS Y NOMBRES:		OSCANOA SÁNCHEZ SAUL MARIO																			
PROFESIÓN:		INGENIERO CIVIL																			
ESPECIALIDAD:		TRANSPORTE																			
N° DE COLEGIATURA CIP		282689																			
INSTITUCIÓN LABORAL:		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TARMA																			
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																					
INDICADORES	CRITERIOS	MUY DEFICIENTE				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENO			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																			X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				X
4. Organización	Existe una organización lógica																			X	
5 Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																		X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																	X			
7. Consistencia	Basado en aspectos teórico-científicos																			X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																	X			
9. Metodología	La estrategia corresponde al propósito de diagnosticar																			X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																				X
III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:		88%																			
IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:		El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación																			
  OSCANOA SÁNCHEZ SAUL MARIO INGENIERO CIVIL CIP N° 282689																					

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES																					
TÍTULO DE TESIS:	LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO EN LAS FALLAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA VÍA EL TAMBO – TRES DE DICIEMBRE, JUNÍN																				
AUTOR:	KEVIN ARNOLD QUISPE RIVERA																				
EXPERTO 03 - APELLIDOS Y NOMBRES:	NINANYA AGUAYO DAVID HEVER																				
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL																				
ESPECIALIDAD:	TRANSPORTE																				
N° DE COLEGIATURA CIP	213934																				
INSTITUCIÓN LABORAL:	EMPRESA CONSTRUCTORA NINANYA SAC																				
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																					
INDICADORES	CRITERIOS	MUY DEFICIENTE				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENO			
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																X				
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																				X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																			X	
4. Organización	Existe una organización lógica																			X	
5 Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																			X	
7. Consistencia	Basado en aspectos teórico-científicos																			X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																			X	
9. Metodología	La estrategia corresponde al propósito de diagnosticar																			X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	
III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:		87%																			
IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:		El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación																			
 																					

COSTO UNITARIO PARA GIBAS O RESALTOS					
Rendimiento m/día	MO. 14	Costo unitario directo por: m			336.32
DESCRIPCION RECURSO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<u>MANO DE OBRA</u>					
OPERARIO	hh	0.100	0.0571	23.46	1.341
OFICIAL	hh	1.000	0.5714	18.56	10.606
PEON	hh	2.000	1.1429	16.78	19.177
					31.1234
<u>MATERIALES</u>					
ALAMBRE NEGRO #16	kg		0.8000	5.50	4.400
ALAMBRE NEGRO #08	kg		0.5000	5.50	2.750
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.2000	5.20	1.040
ACERO CORRUGADO Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		8.5000	4.50	38.250
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3120	98.00	30.576
ARENA GRUESA	m3		0.2640	90.00	23.760
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bls		2.3500	28.00	65.800
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADO	p2		2.5600	4.50	11.520
TACHA UNIDIRECCIONAL	und		4.000	12.00	48.000
PEGAMENTO EPOXICO	Kg		0.040	65.00	2.600
SOLVENTE XILOL	gal		0.045	45.00	2.025
PINTURA PARA TRAFICO COLOR AMARILLO	gal		0.3000	95.00	28.500
PINTURA PARA TRAFICO COLOR NEGRO	gal		0.3000	95.00	28.500
					287.721
<u>EQUIPOS</u>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		4.00%	31.12	1.245
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 - 11 p3	hm	1.000	0.5714	10.33	5.903
CORTADORA DE PAVIMENTO C/DISCO	hm	0.500	0.2857	12.56	3.589
VIBRADORA DE CONCRETO 4HP 1.50"	hm	1.000	0.5714	11.80	6.743
					17.4792