

Aníbal Alfredo Zarat Vicente

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Asesor General Metodológico:  
Ing. Amb. Pablo Ismael Carbajal Estévez

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.

Informe Final de Graduación.

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Aníbal Alfredo Zarat Vicente

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en  
Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.

Informe Final de Graduación.

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Civil con Énfasis  
en Construcciones Rurales.

## DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios por darme vida, salud y fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mi abuela mamá Juana, quien fue mi segunda madre, que Dios la tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida quien me da fuerzas para continuar; gracias por haberme consentido y apoyado siempre para lograr mis metas.

A mi abuelo papá Gorgonio, quien más se preocupó por mí, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo de salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda.

A mi madre que ha dado todo por y para mi crecimiento, no has dejado que me falte nada y has permitido que llegue hasta aquí, deseo que estas páginas sean un tributo a tu amor y sacrificio y espero hacerte sentir orgullosa con este logro.

A mis tíos: Irma, Víctor, Angelina, y Elvia, esta tesis es el resultado de lo que me han enseñado en la vida, gracias por los ejemplos y consejos que me han dado para salir adelante y ser un triunfador, es por ello que les dedico este logro y gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermana Dulce, quien ha sido una fuente constante de inspiración y motivación para mí.

A mi prima Saidy, gracias por ser mi apoyo incondicional y creer siempre en mí.

A toda mi familia, que me dieron la oportunidad de lograr mis metas.

A Edgar, más que compañero y amigo es como un hermano, por los consejos y conocimientos compartidos que han sido de gran ayuda para llegar a esta meta.

A mis compañeros y amigos, no puedo expresar con palabras cuán agradecido estoy por el apoyo y confianza durante el proceso para lograr esta meta, por compartir conmigo sus conocimientos y creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. Ustedes han

sido mi refugio en momentos de duda y sus consejos me han guiado a la culminación de este proyecto.

A mis catedráticos quienes nunca desistieron al enseñarme y compartir parte de sus conocimientos y ser parte de mi camino académico y profesional.

A mis Asesores, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su guía y acompañamiento en mi proyecto de tesis, por los consejos valiosos y así superar los obstáculos para obtener un resultado satisfactorio.

## Prólogo.

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con elementos de diferentes instituciones viales, así como profesionales de la municipalidad del área.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.

Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.

Proponer una solución práctica basada en los conocimientos de ingeniería civil adquiridos en las clases universitarias.

El propósito fundamental de la presente investigación es mejorar la transitabilidad de la ruta que conecta las zonas de estudio, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

## Presentación.

Este trabajo de graduación del nivel de licenciatura se presenta con el título: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar sobre el estado de la ruta que conecta las áreas de estudio.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el aumento de los accidentes vehiculares y peatonales por mal estado de la carretera como consecuencia principal de faltar un plan para aplicación de pavimento rígido.

Como medio para solucionar la problemática se concretaron estrategias que orienten y guíen correctamente a las autoridades correspondientes en función de la implementación de un proyecto de obra civil para mejorar las condiciones de la ruta al aplicar pavimento rígido en la infraestructura vial.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para disminuir la cantidad de accidentes de tránsito. De igual forma, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta de solución en general.



## ÍNDICE GENERAL.

No.	Contenido	Pág.
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis. ....	3
I.3	Objetivos.....	3
I.3.1	General.....	3
I.3.2	Específico.....	3
I.4	Justificación. ....	4
I.5	Metodología. ....	5
I.5.1	Métodos. ....	5
I.5.2	Técnicas. ....	8
II.	MARCO TEÓRICO.....	10
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	87
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	94
IV.1	Conclusiones.....	94
IV.2	Recomendaciones. ....	95
	BIBLIOGRAFÍA. ....	97

## ÍNDICE DE CUADROS.

No.	Contenido.	Pág.
1.	Detalle de accidentes viales en Guatemala durante 2021 .....	20
2.	Longitud de la red vial por tipo de rodadura, periodo 2006-2013 .....	39
3.	Categorías de tránsito para la selección de espesores .....	60
4.	Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia .....	61
5.	Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura) .....	62
6.	Resumen de normas de calidad para pavimentos.....	80
7.	Personas que consideran que existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio .....	85
8.	Tiempo presentándose incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.....	86
9.	Mal estado de la carretera como potenciador del incremento de accidentes vehiculares y peatonales .....	87
10.	Existencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.....	88
11.	Necesidad de implementar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio .....	89
12.	Apoyo a la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS.

No.	Contenido.	Pág.
1.	Elementos principales de la infraestructura vial .....	29
2.	Camino rural entre las localidades españolas de Láchar y Cijuela (provincia de Granada).....	34

## ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Número.	Contenido.	Página.
1.	Monitoreo de calidad de carpeta de rodadura .....	48
2.	Personas que consideran que existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio .....	85
3.	Tiempo presentándose incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.....	86
4.	Mal estado de la carretera como potenciador del incremento de accidentes vehiculares y peatonales .....	87
5.	Existencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.....	88
6.	Necesidad de implementar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio .....	89
7.	Apoyo a la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio .....	90

## ÍNDICE DE MAPAS.

No.	Contenido.	Pág.
1.	Infraestructura vial de Guatemala .....	33
2.	Carreteras rurales de Guatemala .....	37

## I. INTRODUCCIÓN.

El presente informe investigativo y titulado de Ingeniería Civil en el grado académico de Licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango; sobre su mal estado, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efectos, con la finalidad de proponer la ejecución de un proyecto de pavimentación rígida para mejorar las condiciones de la carretera.

El contenido consta de dos tomos, el primero se divide en: cuatro capítulos que se identifican con números romanos; capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específico), metodología (métodos y técnicas); capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico (aspectos conceptuales).

El capítulo tres (III) incluye la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos en las encuestas, el capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos son seguidos del apéndice bibliográfico.

Los anexos son: 1) formato dominó, 2) árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos 3) diagrama del medio de solución, 4) boleta de investigación efecto, 5) boleta de investigación causa, 6) cálculo de la muestra, 7) cálculo del coeficiente de correlación, 8) cálculo de la proyección lineal sin proyecto.

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, asimismo, anexas el planteamiento de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto general de propuesta.

## I.1 Planteamiento del problema.

El presente informe sobre infraestructura vial tiene origen en el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta que comunica las dos áreas de estudio, por malas condiciones de esta, producto de no contar con un plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha deteriorado la operatividad de la carretera perjudicándose la calidad de vida de los usuarios.

El incremento de accidentes vehiculares y peatonales sobre la ruta, se refiere a que cada vez son más habituales los hechos de tránsito, tales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento, atascamiento y deslizamiento de vehículos, así como el atropellamiento de peatones y en algunos casos animales domésticos; por lo que puede definirse como un tramo vial inseguro para los pobladores, esto repercute en la circulación habitual, por lo que constantemente interfiere con emergencias y con la actividad comercial de las localidades que dependen de esta vía.

Este efecto se ha presentado por el mal estado de la vía del área, estos 27.4 km de camino hecho en gran parte de terracería no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, por lo que es común el apareamiento de baches, hundimientos, derrumbes y zanjas por escorrentía pluvial que se agravan durante en la época de lluvias, además de que durante la época seca la cantidad de polvo es un obstáculo de los usuarios.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con una propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial, con el que se facilite la transitabilidad y se priorice la seguridad de los pobladores.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades pertinentes cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con una carretera en óptimas condiciones.

## I.2 Hipótesis.

Se pudo establecer las hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación.

El incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta.

¿Es la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial; la causante del incremento de accidentes vehiculares y peatonales, por mal estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años?

## I.3 Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

### I.3.1 General.

Disminuir accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

### I.3.2 Específico.

Mejorar el estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.



#### I.4 Justificación.

En la actualidad, en la ruta que conecta las zonas de estudio se reportaron un total de 13 incidentes vehiculares y peatonales, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, en los cuales solo se presentaron 2 percances, este es un claro indicativo de que transitar por el área en cualquier tipo de vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa, pero de absoluta necesidad para los pobladores que dependen de ella para sus actividades económicas y sociales.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los accidentes vehiculares y peatonales incrementan en un 34.37% al año, esto por las inadecuadas condiciones del tramo vial del área, consecuencia de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en la infraestructura vial.

Esta situación tenderá al incremento de los hechos de tránsito en esta ruta en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que la cantidad de percances reportados para el año 2026 serán 24.

Por lo cual es sumamente importante ejecutar como solución del problema una propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial con la que se ofrecerá mayor seguridad a los conductores, tripulantes y transeúntes mientras transitan sobre la ruta. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas sino también disminuir los daños materiales de los habitantes, todo esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta de pavimentación rígida sobre la ruta de la zona de estudio, y así reducir la cantidad de accidentes en un 20% anual, lo que implica un total de 4 percances para el año 2026.

## I.5 Metodología.

Modelo de Investigación Dominó: Modelo creado por el Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala; muestra en dos páginas, un cuadro con tres columnas estructuradas de la manera siguiente: Columna del problema (efecto, problema, causa, hipótesis, preguntas que comprueban las variables dependiente e independiente, temas de marco teórico y justificación), columna de propuesta de solución (objetivo general, específico, nombre del trabajo de investigación, resultados y costos) y la columna de la evaluación ex post de la propuesta.

En el Modelo de Investigación Dominó se resume el trabajo de investigación; como también, la aplicación de la metodología; éste se detalla en el anexo 1 del tomo I.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación con la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

#### 1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango. Las técnicas utilizadas fueron:

Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el tramo carretero, a cuyo efecto se observó las malas condiciones de la infraestructura vial en general, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso de vehículos, motocicletas, y peatones; se examinó también sobre los principales precursores de la situación, además las acciones implementadas por las autoridades municipales y comunitarias para dar solución al problema.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los pobladores y autoridades de las comunidades, así como los técnicos de la municipalidad, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de mal estado de la ruta y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta.

El método del marco lógico permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

#### I.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser

aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar un muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), cálculo que resultó en 75 jefes de hogar, cuyo nivel de confianza es del 90% y error del 10%; para la población causa (variable X), se censó o investigó la totalidad de la población, pues la misma estaba compuesta por siete técnicos y autoridades comunales; con lo que se establece que el nivel de confianza en este caso será del 100% y error del 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

#### I.5.2 Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta, muestreo estadístico y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

## II. MARCO TEÓRICO.

La siguiente recopilación que se aborda concierne al segmento teórico y documental de autores que han explicado y generado una base científica que ayuda a entender mejor el tema y diseñar propuesta de solución. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo, fueron objeto de consulta autores nacionales y extranjeros, medios de comunicación visual y escrito, para sustentar las definiciones conceptuales.

### Accidentes.

Un accidente es un hecho no planeado y no deseado que provoca daño, lesión u otra incidencia negativa sobre un objeto o sujeto. Para comprender esta definición, se debe entender que los daños que provoca se dividen en accidentales e intencionales (o dolosos y culposos). El accidente es la consecuencia de una negligencia al tomar en cuenta los factores de riesgo o las posibles consecuencias que se produzcan. (Robertson, 2015, pág. 3).

Los factores involucrados en los accidentes obligan a considerar que los distintos tipos de accidentes son condicionados por una gran variedad de fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable. El término que se utiliza con mayor frecuencia hace referencia a acciones involuntarias que dañan a personas. Desde esta perspectiva, los accidentes de tránsito son los que provocan más daños. (Robertson, 2015).

Por otra parte, la clasificación de los accidentes puede variar por el lugar donde ocurran. Si es un accidente dentro del hogar, se podrían mencionar las quemaduras por cocinar, en el caso de los accidentes de tránsito el impacto entre dos vehículos o los accidentes laborales como caerse de un andamio. (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

Referente ámbito empresarial, esta última acepción se presta a discusión, ya que al contratar informalmente es común la ausencia de un seguro de riesgos de trabajo.

Gracias a la desinformación de los empleados, estos no saben que es considerado como accidente de trabajo tanto aquel que ocurre mientras se labora como el que se da en el retorno del trabajo y hacia el hogar. (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

Tipos de accidentes.

Existen varios tipos de accidentes, los que se detallan a continuación: (Hernández, Valdés, & García, 2007).

Accidentes en el hogar: intoxicaciones, quemaduras, torceduras, herida, etc.

Accidentes en el trabajo: quemaduras, congelamiento, inmersión, electrocución, entre otros.

Accidentes de tránsito: choques, atropellamientos, volcaduras, bala perdida entre otros.

Accidentes en el campo: caídas, ataque por animales, incendios, entre otras.

Accidentes en infantes: dentro de los más frecuentes son las caídas, los que ocurren durante el transporte, intoxicaciones y las quemaduras.

Accidentes en la escuela: caídas, heridas, golpes con objetos, entre otros.

Accidentes en hospitales: caídas, intoxicación.

Accidentes provocados por animales: picaduras, heridas, lesiones, intoxicaciones.

Causas de accidentes. Se producen por no utilizar el equipo de protección que conlleva la actividad realizada, aunque suele ocurrir que este no se utilice debido a ser incómodo. Por ejemplo, un carpintero se le ha clavado una viruta en un ojo; al investigar el porqué del incidente se comprueba que no llevaba puestas las gafas de protección. (Gardey & Pérez, 2008).

En este sentido la causa principal es no usar protección individual, pero la causa básica debe revelar por qué no la usaba al momento del percance. Podría ser por tratar optimizar tiempo, otra causa puede ser que no tuviera experiencia y aún no conocía



las medidas de seguridad, o bien por la falta de ergonomía en las gafas. (Gardey & Pérez, 2008).

Causas básicas en las que ocurre un accidente: las causas básicas pueden dividirse en factores personales y factores del trabajo. (Gwiazda, 2007, pág. 33).

Factores personales: estos accidentes son causados por factores personales, es decir, están atados con el desempeño humano. Estos factores pueden ser: (Gwiazda, 2007, pág. 33).

Falta de conocimientos o capacitación: en este caso el personal no cuenta con los conocimientos necesarios para realizar su tarea de una manera segura o no conoce los riesgos presentes en el desempeño de sus labores. Por ejemplo, la manipulación de residuos biológico infecciosos.

Motivación: el individuo carece de motivación para desempeñar una actividad o la realiza con la motivación equivocada.

Ahorrar tiempo: se intenta ahorrar el tiempo para terminar una labor situación que provoca cometer errores y comprometer la seguridad, por premura de terminar una tarea.

Buscar la comodidad: en este caso no todos los elementos de seguridad resultan ser cómodos, por lo que las personas prefieren evitarlos para sentirse a gusto. Por ejemplo, evitar el uso del cinturón de seguridad o el casco.

Personas con discapacidad: las capacidades físicas y mentales del individuo deben ser óptimas para desempeñar una actividad de riesgo. Una persona con epilepsia debe evitar conducir vehículos pesados.

Factores de trabajo: un lugar de trabajo debe proveer los insumos de seguridad para su personal. La gerencia es responsable de garantizar su existencia y correcta ejecución. Al no ser así, se puede desencadenar de los siguientes factores que pueden producir un accidente. Estos son: (Gwiazda, 2007, pág. 34).

Falta de información (capacitación).

Falta de normas de trabajo o negligencia laboral.

Diseño inadecuado de las máquinas y equipos.

Desgaste de equipos y herramientas.

Mantenimiento inadecuado a las máquinas y equipos.

Causas inmediatas: las principales causas inmediatas podrían clasificarse como: (Barss, Smith, Baker, & Mohan, 1998, pág. 11).

El entorno laboral que se refiere a las condiciones del medio ambiente y del contexto de trabajo, equipos y herramientas, infraestructura, disposición del proceso productivo, como el equipo de protección personal, entre otras.

Personales (actos inseguros con o sin conocimiento de causa o efecto, ya sean propios o de otro individuo).

Administrativos (falta o claridad de procedimientos, ausencia de normas, inspecciones deficientes o inexistentes, supervisiones inadecuadas o inconstantes, falta de historial y seguimiento de incidentes o accidentes anteriores y otros).

Donde el factor personal influye mayormente en la mayoría de veces en la causa raíz en cada incidente.

Los actos inseguros y condiciones inseguras pueden identificarse. Dentro de los ejemplos más comunes destacan los siguientes: (Barss, Smith, Baker, & Mohan, 1998, pág. 9).

Realizar trabajos para los que no se está debidamente capacitado.

Trabajar en condiciones inseguras o a velocidades excesivas.

No dar aviso de las condiciones de peligro que se observen, o no estén señalizadas.

No utilizar, o anular, los dispositivos de seguridad con que van equipadas las máquinas o instalaciones.

Utilizar herramientas o equipos defectuosos o en mal estado.

Reparar máquinas o instalaciones de forma provisional y no segura.

Adoptar posturas incorrectas durante el trabajo, sobre todo al manejar cargas a brazo.

Usar ropa de trabajo inadecuada (con cinturones o partes colgantes o desgarradas, demasiado holgada, con manchas de grasa, entre otros.).

Usar anillos, pulseras, collares, medallas, etc.

Utilizar cables, cadenas, cuerdas, eslingas y aparejos de elevación, en mal estado de conservación.

Sobrepasar la capacidad de carga de los aparatos elevadores o de los vehículos industriales.

Colocarse debajo de cargas suspendidas.

Introducirse en fosos, cubas, cuevas, hoyos o espacios cerrados, sin tomar las debidas precauciones.

Transportar personas en los carros o carretillas industriales.

Levantar pesos excesivos (riesgo de hernia).

No tomar las medidas necesarias al realizar una actividad de riesgo (en el trabajo, al conducir un vehículo, en casa, entre otros).

Condiciones inseguras:

Las condiciones inseguras pueden determinarse de acuerdo a lo que exponen los siguientes autores: (Barss, Smith, Baker, & Mohan, 1998, pág. 11).

La falta de protecciones y resguardos en las máquinas e instalaciones.

Protecciones y resguardos inadecuados por falta de planificación.

Falta de sistema de aviso, de alarma, o de llamada de atención.

Falta de orden y limpieza en los lugares de trabajo.

Espacio limitado para trabajar y almacenar materiales.

Mal almacenamiento de materiales, apilamientos desordenados, bultos depositados en los pasillos, amontonamientos que obstruyen las salidas de emergencia, etc.

Ruidos excesivos.

Poca luz (falta o exceso de luz, lámparas que deslumbran).

Falta de señalización de puntos o zonas de peligro.

Poseer materiales combustibles o inflamables cerca de fuentes de calor.

Huecos, pozos, zanjas, sin proteger ni señalizar, que representan riesgo de caída.

Pisos en mal estado; irregulares, resbaladizos, desconchados.

Accidentes en rutas vehiculares.

Un accidente de tráfico o tránsito, vial o automovilístico, es un suceso que ocurre al colisionar un vehículo contra uno o más sectores de la vialidad (otro vehículo, peatón, animal, escombros del camino) u otra obstrucción como un poste, un edificio, un árbol, entre otros que pueden surgir sin plena planificación. (Pérez L. , 2016).

En este sentido el tipo de accidentes de esta índole provocan daños materiales, humanos, así como elevados costos económicos para la sociedad en general y para las personas que se ven involucradas en la situación. (Pérez L. , 2016).

En el momento que ocurre un accidente este puede ser inesperado y aleatorio, es decir que sorprende a los involucrados de forma involuntaria por lo general vienen acompañados de responsabilidades indirectas, como pueden ser ajenas al conductor tal es el caso si no cuenta con señalización adecuada, iluminación en las calles, fallas mecánicas del vehículo, mala construcción o el mal estado de una calle/avenida, entre otros imprevistos. (Tabasso, 2009).

Asimismo, la responsabilidad puede caer directamente sobre el conductor por no obedecer las señales de tránsito, conducir con efectos del alcohol u otras drogas, distracciones por utilizar dispositivos electrónicos mientras se conduce, manejar a una velocidad no apropiada, realizar maniobras peligrosas, entre otros. (Tabasso, 2009).

En este sentido a pesar de que en un incidente no se generaliza la culpabilidad, aunque no se tenga intención de lastimar, siempre hay culpa. Por ejemplo, un conductor en estado de ebriedad atropella a peatones accidentalmente, no obstante, sabe que es totalmente prohibido manejar en ese estado, así como no obviar que al estar en estado etílico se reduce drásticamente su capacidad motriz y sensorial, por lo que el hecho vial deja de ser impredecible o inevitable. (Gonzalez Gonzalez, 2011).

Tipos de accidentes en rutas vehiculares. Solo puede hablarse de un percance sin intención al referirse a una acción pasiva, es decir, alguien que se involucra en un hecho de tránsito sin poder evitarlo. Porque, salvo si la naturaleza interviene, o los procesos biológicos y fisiológicos propios del ser humano, en su mayoría los accidentes son prevenibles y evitables”. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

Un porcentaje bajo de estos es debido a fallas de fabricación en los automotores, lo cual no excluye de atribuirles un error humano consciente. Recientes estudios de este tipo de incidentes han corroborado esta acepción. Los hechos de tráfico se ubican en distintas escalas de gravedad, el tipo más grave se considera aquel del que resultan

víctimas mortales, reduciéndose dentro de la escala de gravedad al haber heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados y patrimonio público o privado según sea el caso. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

Los accidentes pueden clasificarse de acuerdo al número y tipo de vehículos involucrados, como se plantea en las siguientes categorías: (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011, pág. 44).

Salidas de la vía, vuelco y pérdida de control.

Arrollamientos (atropellamientos).

Colisiones (choques) entre dos vehículos.

Colisiones múltiples o en cadena.

Causas. En general existe un hecho desencadenante que da lugar a un hecho de tránsito, el cual puede verse agravado considerablemente si resultan afectadas otras personas, además de la persona que lo desata. Asimismo, un accidente puede agravarse aún más si no se ha ignorado o irrespetado los medios preventivos que no lo evitan, pero sí reducen su gravedad. (Bartl & Hager, 2006).

Por otra parte, un ejemplo común que se puede mencionar es no usar o no ajustarse apropiadamente el cinturón de seguridad o no hacer uso del casco si se conduce una motocicleta o bicicleta. Los motivos de ocurrencia de los accidentes suelen atribuirse principalmente a los siguientes factores: (Bartl & Hager, 2006).

Factor humano: los factores humanos son la causa principal en la mayoría de los hechos. Pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor causante, según las leyes legisladas de tránsito en cada país. (Bartl & Hager, 2006, pág. 17).

Dentro de los factores humanos se identifican:

Conducir bajo los efectos del alcohol (mayor causalidad de hechos viales), medicinas y estupefacientes.

Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor.

Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos (Choque frontal muy grave).

Desobedecer las señales de tránsito, por ejemplo pasar un semáforo con luz roja o no detenerse frente a una señal de alto.

Circular por el carril contrario (en una curva o en un cambio de rasante).

Conducir a exceso de velocidad (produciéndose vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes).

Usar inadecuadamente las luces del vehículo, especialmente en la noche.

Condiciones no aptas de salud física y mental/emocional del conductor o del peatón (ceguera, daltonismo, sordera, etc.).

Peatones que cruzan por lugares de riesgo con la intención de lastimarse a sí mismos, lanzan objetos resbaladizos al carril de circulación (aceites, piedras).

Inexperiencia del conductor al volante.

Fatiga del conductor como producto de la apnea o falta de sueño.

Conducir distraído por usar el móvil al conducir, entre otros.

Factor mecánico: entre este factor destacan: (Bartl & Hager, 2006, pág. 18).

Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistemas averiados como frenos, dirección, neumáticos o suspensión).

Mantenimiento inadecuado del vehículo.

Fallas repentinas (estallido de neumáticos, desprendimiento de piezas, rotura de correas del motor, entre otras.).

Factor climatológico y otros: (Bartl & Hager, 2006, pág. 18).

Neblina, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.

Semáforo que funciona incorrectamente.

Condiciones de la vía (grietas, huecos, obstáculos sin señalización).

Consecuencias generadas de un accidente vehicular. Existen una variedad de consecuencias que pueden resultar de un accidente en automotor, ya sea por un tope pequeño o por una colisión devastadora. Los accidentes viales provocan elevados costes sociales, no solo refiriéndose la pérdida de vidas sino también a las lesiones temporales o permanentes a personas involucradas en accidentes de tráfico. (Begault, 2017).

Con frecuencia las lesiones permanentes traen consigo costos elevados tanto al estado, como a las compañías aseguradoras y a las personas afectadas que no cuentan con una póliza. Se estima que, para la primera parte del siglo XXI, se han producido entre anualmente entre 1,5 y 2 millones de decesos por como consecuencia directa de los accidentes de tráfico, además del hecho de que en los países desarrollados constituye la principal causa de muerte entre los menores de 25 años. (Begault, 2017).

En la actualidad la ciudad que presenta más accidentes de tránsito en el mundo es Bangkok, Tailandia. En cuanto a América Latina, la Ciudad de Vadalcazar en Colombia, cuenta con el mayor número de muertes en carretera, se estima que por hora mueren 2,1 personas y otras 130 resultan heridas de acuerdo a (Begault, 2017), esto no quiere decir que ocurran solo en ese contexto sino que en determinado momento todas las personas están expuestas.

Los siniestros tienen que ver con qué tan alta es la probabilidad de que ocurra un hecho vial en determinado tramo carretero, por un vehículo o un grupo determinado de conductores. Por otra parte, la vulnerabilidad está relacionada con la posibilidad de ocurrencia de daños en caso de presentarse un incidente de tránsito. Los elementos de seguridad pasiva y seguridad activa de los vehículos modernos se han mejorado y previsto en un intento de minimizar la vulnerabilidad de las personas que forman parte en accidentes. (Begault, 2017).



En los países desarrollados se observa, que gracias en gran parte a la mejora de la seguridad de los automóviles, que el riesgo de mortalidad por accidente ha disminuido, esto significa, que ha disminuido notablemente las posibilidades de muertes en accidentes. No obstante, esto ha producido que las personas accidentadas queden solo con lesiones sin trascender a la muerte. (Begault, 2017).

En su mayoría los fallecidos en accidentes de tráfico se asocian a traumas craneoencefálicos, a traumas torácicos y a laceración de órganos internos. Entre los heridos se identifican traumatismos graves (riesgo de muerte) o leves (sin riesgo de muerte), otro aspecto a considerar es si son lesiones permanentes o heridos con lesiones transitorias. (Begault, 2017).

Accidentes vehiculares en Guatemala.

En Guatemala día a día ocurren diversos accidentes que son registrados por la Policía Nacional Civil (PNC) de Guatemala, por lo que sus registros indican que 2,126 personas fallecieron como consecuencia de accidentes viales en 2021, lo que significa un claro incremento en las muertes por esta causa del 30 por ciento respecto del años 2020. (López, 2021).

Según los datos de las autoridades, 7,814 han sido los siniestros de tránsito registrados hasta el pasado 26 de diciembre de 2021 en el país Centroamericano. En este mismo lapso al menos 8,000 guatemaltecos sufrieron lesiones relacionadas a un hecho involucrado con el tránsito. (López, 2021).

Por otro lado, la PNC subraya que los acontecimientos suelen ser más frecuentes durante las fiestas decembrinas, al resaltar que entre el 24 y 26 de diciembre de 2021 se dieron 73 percances viales con saldo de 31 muertos y 78 heridos. (López, 2021).

Causas más comunes en infracciones: no portar licencia de conducir, irrespeto a las señales del tránsito, manejar en estado alcohólico y conducir con audífonos. (López, 2021).

Asimismo, los datos reflejan que las motocicletas, que a su vez es uno de los vehículos que menos protección ofrece a conductores y pasajeros, son el medio más implicado en accidentes de tránsito en Guatemala, al resultar involucradas en el 43,6 por ciento de los siniestros ocurridos. (López, 2021).

Cuadro 1. Detalle de accidentes viales en Guatemala durante 2021.

Departamento	Hechos de Tránsito	Fallecidos	Lesionados
Guatemala	2,436	365	2,442
Escuintla	428	207	422
Alta Verapaz	264	76	350
Petén	201	91	195
Santa Rosa	179	62	175
Suchitepéquez	171	48	163
Chimaltenango	195	67	195
Sacatepéquez	195	52	191
Quetzaltenango	181	38	183
Izabal	168	91	152
Retalhuleu	164	40	166
Jutiapa	159	43	187
Quiché	145	52	175
Zacapa	119	54	132
Chiquimula	121	56	123
San Marcos	133	33	121

Huehuetenango	113	43	115
El Progreso	127	55	146
Jalapa	110	21	136
Sololá	80	21	114
Baja Verapaz	105	22	120
Totonicapán	56	18	41

Fuente: Morales, 2021.

### Infraestructura vial.

Es un tipo de infraestructura de transporte que está compuesto por una serie de instalaciones y de activos físicos que sirven para la organización y para la oferta de los servicios de transporte de carga y/o de pasajeros por vía terrestre. Las instalaciones se pueden agrupar en dos categorías: (Rus, 2003).

Obras viales: las carreteras (autopistas y vías de doble sentido), los caminos pavimentados y afirmados, los caminos rurales, los caminos de herradura, las trochas, los puentes, los semáforos, las garitas de control, las señales de tránsito, los túneles, entre otros, los que son organizados en redes viales.

Los nodos de interconexión y los terminales de transporte terrestre (terrapuertos o similares).

La extensión de la red de carreteras sobre la superficie permite el traslado de mercadería y de pasajeros a través del espacio geográfico. El alcance de las redes puede ser local, regional, nacional o internacional. La extensión de las redes solo está condicionada por los límites del contorno marítimo. (de Rus, 2003).

En relación a las diferencias principales entre los medios de transporte recaen a los factores tecnológicos. Las características específicas de los vehículos y de la

infraestructura que estos requieren para movilizarse condicionan la forma de organización de cada mercado de transporte y su grado de competencia. (Nombela, 2003).

En industrias como la ferroviaria, la gestión de la infraestructura y la producción de los servicios demandan una alta coordinación centralizada, lo que explica por qué habitualmente las empresas operadoras de estas industrias han procurado incorporar ambas actividades en una misma organización. (Nombela, 2003).

Por otra parte, en el caso de la red vial, se requiere poca coordinación entre los usuarios de las carreteras en el sentido de que no se necesita establecer horarios para el acceso de los vehículos o para recoger o entregar de los pasajeros. Por ello es habitual la existencia de una separación entre las empresas que se dedican a la producción de los servicios de transporte vial y las instituciones o empresas que se dedican a la gestión y creación de la infraestructura. (Nombela, 2003).

Gestión de la infraestructura vial. Esta tiene dos objetivos fundamentales: el primero es garantizar que ésta se mantenga en buena condición y que su funcionamiento sea ininterrumpido; y el segundo mejorar la utilización de los recursos públicos invertidos en su desarrollo y conservación. (Rodríguez, 2015).

En los últimos años se han presentado cambios importantes en la forma de interpretar y gestionar la infraestructura vial, con base en la filosofía de gestión de activos. Los fundamentos principales de este nuevo modelo de gestión se describen a continuación: (Rodríguez, 2015).

Modelo integral: la infraestructura vial se conforma de varios elementos, cada uno de los cuales tiene una función propia, su finalidad es garantizar un tránsito confortable

y seguro de los usuarios peatones y vehículos con el fin de prevenir incidentes. (Rodríguez, 2015).

Desde otro punto de vista, se considera a los pavimentos como el componente primordial de la construcción vial, y por lo tanto el de mayor relevancia; en torno a ellos se desarrollan los elementos complementarios restantes: puentes, drenajes, señales y dispositivos de seguridad y aceras. La gestión de infraestructura vial debe considerar todos estos elementos, para así garantizar que se encuentre en buenas condiciones, y presten un adecuado servicio a los usuarios. (Rodríguez, 2015).

Modelo estratégico: la infraestructura vial es construida para prestar servicio a los usuarios a largo plazo, conlleva una cuantiosa inversión de recursos públicos, y su mantenimiento requiere de un esfuerzo sostenido a lo largo de los años. (Rodríguez, 2015).

Estas cualidades hacen que la gestión de la infraestructura vial se convierta en una labor de carácter estratégico, que debe responder a una visión de largo plazo, con el propósito de lograr los objetivos y metas, y la prestación de un servicio eficaz y de calidad para el transporte. (Rodríguez, 2015).

Modelo sistemático: es un modelo de gestión vial reúne criterios y prácticas de índole técnica, política, y administrativa; que permiten administrar los recursos disponibles tal es el caso de los humanos, técnicos y financieros de manera eficaz, y conducir la toma de decisiones hacia el logro de los objetivos institucionales establecidos, y la satisfacción de las necesidades y demandas de los usuarios. (Rodríguez, 2015).

Entre los principales elementos de un sistema de gestión vial se encuentran: un diagnóstico y base de datos actualizada sobre la situación y el funcionamiento de la infraestructura vial; definición de las metas, objetivos y políticas institucionales; la definición de programas de conservación y estrategias de ejecución; los mecanismos

de ejecución de obras; y los indicadores a utilizar para evaluar los resultados obtenidos. (Rodríguez, 2015).

Modelo de eficiencia: este modelo de gestión plantea hacer un eficiente uso de los escasos recursos públicos destinados a la infraestructura vial, y a la vez enfatiza las actividades de conservación, por encima de la rehabilitación o la construcción nueva. (Rodríguez, 2015).

Estas actividades, de bajo costo y fácil ejecución, posibilitan la conservación de la infraestructura vial en buenas condiciones, y consecuentemente, permite prolongar su vida útil; y con ello conservar el patrimonio vial acumulado por el país. En el caso de los pavimentos, la aplicación de este esquema de conservación considera tres principios elementales: conocer la situación actual de los pavimentos a conservar; seleccionar y diseñar las intervenciones de conservación adecuadas; y ejecutarlas en el momento oportuno. (Rodríguez, 2015).

Clasificación de diseños de carreteras. Según la información registrada en el manual de diseño geométrico de carreteras, las vías se clasifican según su demanda y por el tipo de terreno u orografía. (Rios, 2018).

Según su demanda:

Autopista de primera clase: el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de estas carreteras es mayor a 6.000 veh/día, poseen calzadas separadas y cada una de ellas tiene dos o más carriles con un ancho mínimo de 3,60 m. Por otra parte, la superficie de rodadura de estas carreteras es pavimentada y en zonas urbanas se encuentra puentes para uso peatonal. (Cárdenas, 2013).

Autopista de segunda clase: son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada con carriles de un ancho mínimo de 3,60 m. La superficie de rodadura

de estas carreteras es pavimentada. Cuenta con cruces vehiculares a nivel y puentes para uso peatonal. (Cárdenas, 2013).

Carreteras de primera clase: estas carreteras tienen una calzada con dos carriles de un ancho de 3,30 m como mínimo y en ellas circulan un promedio de vehículos entre 2.000 y 400 diariamente. Además, cuenta en las zonas urbanas con puentes de uso peatonal o dispositivos de seguridad vial. De igual forma que las autopistas, su superficie es pavimentada. (Cárdenas, 2013).

Carreteras de segunda clase: en estas carreteras se movilizan alrededor de 2.000 y 400 veh/día, poseen una calzada de dos carriles con 3,30 m de ancho como mínimo y la superficie de rodadura es pavimentada. (Cárdenas, 2013).

Carretera de tercera clase: son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, su calzada tiene dos carriles de un ancho mínimo de 3,00 m. La superficie de rodadura puede funcionar emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o afirmado. (Cárdenas, 2013).

Trochas carrozables: son vías que no cumplen con características geométricas de una carretera, pero permite la circulación de vehículos, por ellas circulan un promedio menor a 20 vehículos por día. Las calzadas de esta vía se mantienen en un ancho mínimo de 4,00 m y su superficie puede ser afirmada o sin afirmar. (Cárdenas, 2013).

Según su orografía:

Las carreteras se dividen de acuerdo con el tipo de terreno en el que se construyen, para ello se considera el entorno natural de la superficie terrestre y sus pendientes longitudinales y transversales. (Macri, 2014).

Terreno plano: son terrenos alineados o rectos, esto facilita el desplazamiento de los vehículos a velocidades constantes. Durante el proceso de su construcción no

demandan grandes movimientos, por lo que no supone dificultad en el trazado. (Macri, 2014).

Terreno ondulado: son terrenos accesibles, con moderadas pendientes, cuyo alineamiento es casi recto, por lo que el movimiento de tierra y dificultad para elaborar el trazado es bajo. (Macri, 2014).

Terreno accidentado: las pendientes en este tipo de terreno son notoriamente pronunciadas, pero no en un porcentaje máximo, habitualmente se requieren grandes movimientos de tierra, por lo que presenta mucha complejidad en el trazado y la explanación para la construcción de la vía. (Macri, 2014).

Terreno escarpado: con respecto al manual de diseño geométrico de carreteras, se determina que las pendientes transversales al eje de la vía de un terreno escarpado, son superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, por lo que exigen un máximo movimientos de tierras, motivo por el cual presenta grandes dificultades en el trazado. Son vías que se encuentran en terrenos con muy pronunciadas alturas y se realiza la excavación de una gran cantidad de tierra para poder hacer el diseño geométrico correspondiente. (Macri, 2014).

Elementos de la infraestructura vial.

Los elementos que pueden componer una vía, según su demarcación, importante para transitar de forma apropiada y segura. En este sentido las partes de los componentes de una vía se pueden agrupar de acuerdo a su destino o por su trazado o demarcación tal como lo indica (Orozco, 2016).

Partes de la vía teniéndose en cuenta su destino:



Plataforma: se refiere al área de la carretera dedicada al uso de los vehículos, está constituida por la calzada, aceras, berma y demás partes de la vía que forman parte de su infraestructura. (Orozco, 2016).

Calzada: es destinada a la circulación y tránsito de los vehículos en circulación. En las autopistas y autovías, hay una o más calzadas por cada sentido de circulación, y son separadas por medianas u otros medios. Dentro de las calzadas se encuentran isletas y refugios. (Orozco, 2016).

Acera: es la zona lateral de la carretera, que puede ser elevada o no, su primordial fin es el tránsito de peatones. Mismas que sirven para la movilización utilitaria de peatones o para otras actividades sociales, culturales o comerciales, utilizarlas garantiza la seguridad del peatón. (Orozco, 2016).

De igual manera dentro de las normas y estándares es recomendable la eliminación de barreras de infraestructura de las aceras con el propósito de reducir las dificultades de los discapacitados, quienes deben transitar sin ningún problema. Por lo que es necesario que las aceras cuenten con rampas en los cruces con la calzada para facilitar el paso de personas en silla de ruedas. (Orozco, 2016).

Carril especial para vehículos de alta ocupación: Es un carril especial para la circulación de los vehículos diseñado para una cantidad específica de ocupantes dentro de un vehículo. En este sentido su propósito es fomentar el uso de vehículo compartido, donde pueden transitar automóviles que tienen el cupo completo, es decir que no podrán circular con menos capacidad de pasajeros que indique la señalización y no se permite el uso a vehículos ocupados únicamente por el conductor, de acuerdo con (Orozco, 2016) de esta cuenta se puede analizar que es una condición usual en países desarrollados, en comparación a Guatemala que aún no cuenta con este sistema.

Carril de ciclo vía protegido: las ciclo vías se utilizan con frecuencia en las grandes ciudades. En su construcción fue necesario utilizar parte de arcén o acerado, así como de uno de los carriles de la calzada. Por lo tanto, es un espacio de la calzada. Se denomina bici protegido si posee elementos laterales que lo separan físicamente del resto de la calzada. (Orozco, 2016).

Carril: es la franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con un ancho adecuado para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas. (Orozco, 2016).

Mediana: es una franja divisoria colocada la mitad de una carretera, su propósito es separar físicamente las direcciones de circulación del tráfico, para impedir el paso entre carriles de orientación contraria. (Orozco, 2016).

Ciclo-ruta: es la vía ciclística, que transcurre sobre la calzada, misma que puede ser en un solo sentido o doble sentido. (Orozco, 2016).

Partes de la vía teniéndose en cuenta su trazado:

Intersección: se refiere a aquellos componentes de la infraestructura vial y de transporte en donde se cruzan dos o más caminos. Estas infraestructuras posibilitan a los usuarios el intercambio entre caminos. El cruce de caminos se puede dar con una intersección a nivel o con una intersección a desnivel. Es importante recalcar que este término también puede hacer referencia a componentes de otros sistemas de transporte, como vías férreas o ciclo vías. (Orozco, 2016).

Zona peatonal: son áreas de una ciudad o población donde se prohíbe o restringe la circulación de vehículos motorizados. En este tipo de zona prevalece la circulación de peatones y usualmente se encuentran usuarios de sistemas de transporte no

motorizados. A la modificación de una calle o un área sólo para el uso de peatones se lo llama peatonalización. Por otra parte, si una zona peatonal cumple igualmente una función turística o de recreación, se le llama Paseo peatonal. (Orozco, 2016).

Tramo urbano: son tramos de las carreteras estatales que circulan por suelo calificado de urbano por el instrumento de planeamiento urbanístico correspondiente. (Orozco, 2016).

Carreteras estatales: la red carretera es la infraestructura de transporte más utilizada, la red carretera nacional, que se ha desarrollado a lo largo de varias décadas, comunica casi todas las regiones y comunidades del país. (Orozco, 2016).

Paso a nivel: un cruce o intersección al mismo nivel entre una vía férrea y una carretera o camino. En ellos los trenes tienen siempre prioridad debido a que su inercia les impide detenerse con facilidad. (Orozco, 2016).

Berma: franja longitudinal afirmada o no, comprendida entre el borde exterior y el arcén y la cuneta o talud. Parte de la estructura de la vía, dedicada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones, semovientes y en ocasiones al estacionamiento de automóviles y tránsito de vehículos de emergencia. (Orozco, 2016).

Arcén: es una franja longitudinal que puede ser pavimentada o no, contigua a la calzada (no incluida en ésta), no es destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales. El conjunto de la calzada y los arcenes forman una plataforma. (Orozco, 2016).

Área de servicio: son las zonas adyacentes a la carretera, diseñadas para instalaciones y servicios destinados a la cobertura de los conductores. Hoteles, restaurantes,

estaciones de combustible, talleres de reparación y otros servicios para facilitar la comodidad y seguridad de los usuarios de la carretera. (Orozco, 2016).

Glorieta o rotonda: es una construcción vial diseñada especialmente para facilitar los cruces de caminos y reducir el peligro de accidentes. Por rotonda se entiende un tipo especial de intersección caracterizado por que los tramos que en él confluyen se comunican a través de un anillo en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central. (Orozco, 2016).

Figura 1. Elementos principales de la infraestructura vial.



Fuente: Orozco, 2016.

#### Beneficios de la infraestructura vial.

La infraestructura vial representa una gran importancia para el desarrollo económico de un país. Las vías terrestres comunican los puntos de producción y consumo y el estado de estas condiciona en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte, mismos que a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional de

un país. Por este motivo, la construcción y el mantenimiento de las carreteras son temas que requieren de especial atención. (Albala-Bertrand, 2003).

La infraestructura vial es siempre primordial en cualquier sistema de transportes urbano, incluso en aquellos casos en que existan o se planeen sistemas de ferrocarril. La red vial enfrenta muchos problemas y desafíos, con distintos niveles de seriedad y frecuencia, algunos son inmediatos, otros de mediano o largo plazo. (Albala-Bertrand, 2003).

Estos problemas generan costos adicionales para las actividades de todos los usuarios del sistema vial de manera directa en forma de tiempos adicionales de viaje, de desgaste de motores, de consumo extra de energía, y de manera indirecta en el tiempo perdido por otros conductores, de estrés de choferes y pasajeros y de mayor impacto ambiental que en general afecta a las personas que están cercanas a los principales corredores de transportes, pero en ocasiones a toda la población. (Albala-Bertrand, 2003).

Infraestructura vial y la actividad económica agregada: especialmente en los países emergentes, la infraestructura vial ha sido reconocida como un pilar central para estimular la actividad económica ya que es una de las bases fundamentales sobre las que se apoyan todas las actividades privadas (tanto extractivas y productivas, como financieras y comerciales) de un país, pues permite la existencia de mercados eficientes y la elevación de la calidad de vida. (Banco Mundial, 1994).

A nivel teórico, la importancia que tiene la infraestructura vial para fomentar el desarrollo económico ha motivado que su conexión con la actividad económica haya sido tratada con sumo interés en la literatura, por lo que se han generado controversias que aún no han encontrado solución. (Vásquez & Bendezú, 2008).

En los últimos años, un punto altamente discutido por los investigadores ha sido la identificación de los efectos de corto y de largo plazo que puede tener la ampliación de la infraestructura vial sobre la inversión privada y sobre la producción agregada (tanto bajo un esquema de administración estatal de la infraestructura, como bajo un régimen de concesión y/o privatización de la infraestructura al sector privado). (Vásquez & Bendezú, 2008).

Aunque la evidencia apunta a la existencia de una relación positiva entre los indicadores de infraestructura, la inversión y el PBI per cápita, no resulta claro que las innovaciones ocasionadas por la expansión de la infraestructura vial, a través de un canal de oferta por el que se aumenta la capacidad productiva, tengan efectos permanentes de largo plazo sobre el crecimiento. (Vásquez & Bendezú, 2008).

En primer lugar, debido a que cabe la posibilidad de que el incremento de la actividad económica ocasione una demanda derivada por inversiones en infraestructura, originándose de esta forma una relación de causalidad recíproca o una relación simultánea entre las variables en estudio. En segundo lugar, podría existir un factor común exógeno que produzca el crecimiento tanto del producto agregado como de la infraestructura vial y que no haya sido incluido en los estudios. (Vásquez & Bendezú, 2008).

Además, en la literatura se discute la posibilidad de que el sector privado y el sector de infraestructura compitan por un mismo conjunto de recursos, por lo que un incremento de la infraestructura podría ocasionar una disminución en la inversión privada (efecto crowding out), lo que determinaría una relación negativa entre la infraestructura y el crecimiento. En contraste, podría suceder que el capital privado y la infraestructura sean complementarios y no rivales (efecto crowding in), por lo que la relación entre crecimiento e infraestructura sería, en este caso, positiva. (Vásquez & Bendezú, 2008).

Por otra parte, a nivel práctico el problema que se ha discutido en la literatura es la limitada y la deficitaria calidad de las estadísticas sobre indicadores de infraestructura en los países del tercer mundo, lo que ha entorpecido el desarrollo de investigaciones en la materia y ha limitado la interpretación de los resultados obtenidos en los estudios especializados. (Canning, 1999).

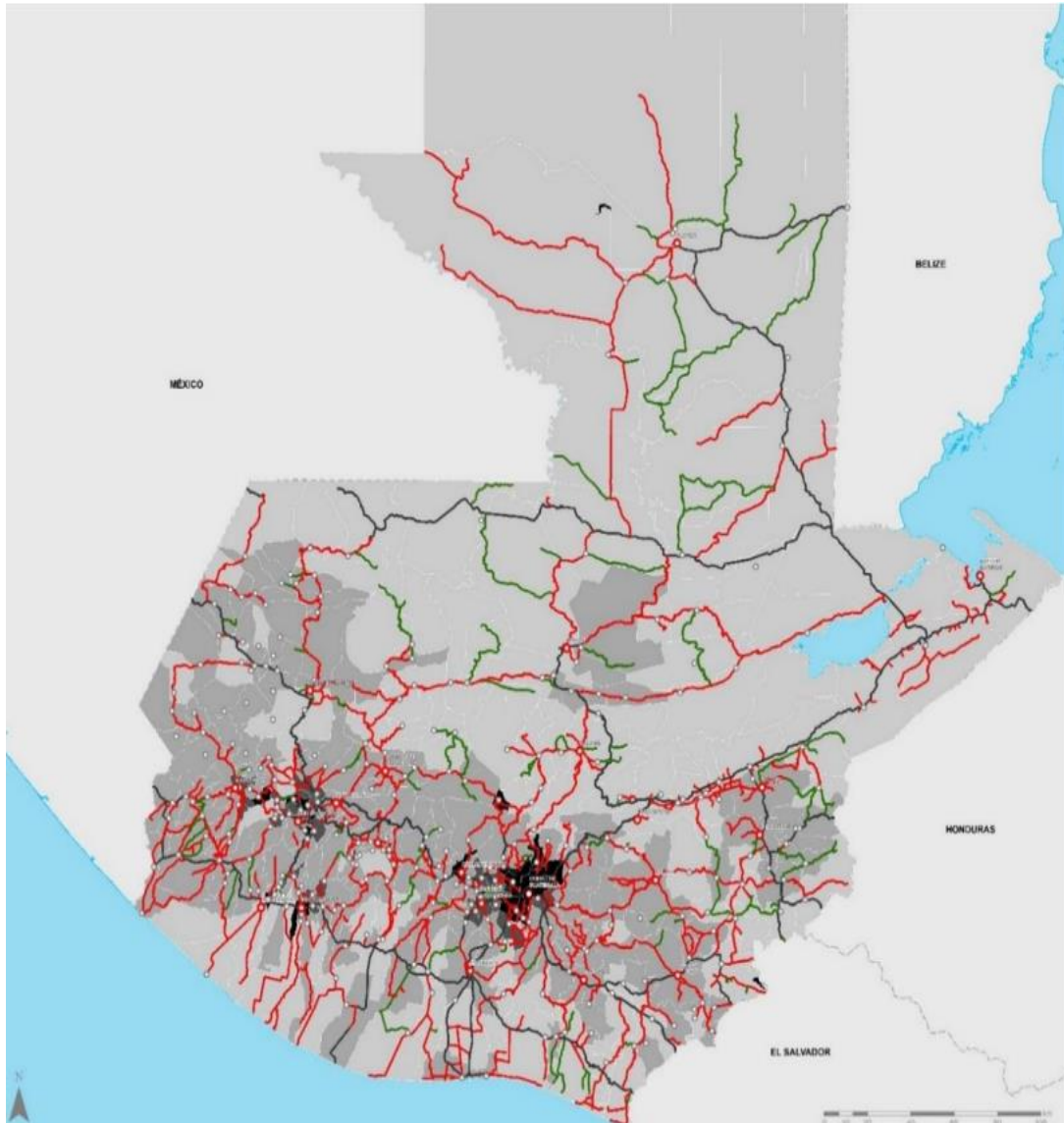
Infraestructura vial de Guatemala.

Actualmente la red de carreteras y autopistas en Guatemala es de 17,621 km, que distribuidos entre 16.86 millones de habitantes, da un promedio de 1.05 metros de infraestructura vial por persona; estas cifras ubican al país en el lugar 200 a nivel mundial y por debajo de otros países de Centroamérica como Panamá y Costa Rica, que tienen 4 y 8 metros carreteros por habitante, respectivamente. (Marhnos, 2022).

El desafío para Guatemala es llegar al menos a 3.1 metros por persona, que equivalen a 47 mil 500 kilómetros nuevos de carreteras y autopistas; además, dar servicios de mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, bacheo, entre otras reparaciones al 83% de la red vial actual, con el objetivo de estar a la altura de los países más competitivos de Centroamérica. (Marhnos, 2022).

La posición geográfica de Guatemala es privilegiada; tiene accesos al Océano Atlántico y Pacífico; colinda con el norte del continente y el sur es la entrada a Centroamérica. Gracias a estas condiciones, el mejoramiento de su red carretera puede ser un elemento que favorezca su desarrollo sostenible y la posición como un país clave en la logística terrestre de Centroamérica. (Marhnos, 2022).

Mapa 1. Infraestructura vial de Guatemala.



Fuente: Caminos & CIV, 2021.

De esta forma, aún en medio de una crisis global, Guatemala puede construir nuevas carreteras y autopistas de calidad y mejorar las existentes. Con ello, habría impactos positivos en la disminución de la pobreza con la generación de nuevos empleos directos e indirectos; combate al hambre, al favorecer el comercio nacional de alimentos, así como el funcionamiento de las cadenas de suministro nacionales;



mejoramiento de la movilidad de las personas y la conectividad entre las diferentes regiones del país. (Marhnos, 2022).

Caminos rurales.

Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas de mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración. Generalmente, su característica primordial se refiere a que no son pavimentados, aunque también pueden tener una capa delgada de asfalto; son más angostas, las curvas son más cerradas y las cuestas más empinadas que las de las carreteras. Pueden ser de toda estación o sólo temporales y, frecuentemente, tienen vados o transbordadores en vez de puentes. Las carreteras que cruzan las regiones rurales, sean pavimentadas o no, se tratan en el artículo carretera. (Banco Mundial, 2014).

Figura 2. Camino rural entre las localidades españolas de Láchar y Cijuela (provincia de Granada).



Fuente: Gordon & Sherar, 2013.

Ubicación del camino. La ubicación del camino constituye la decisión más importante en cuanto a su construcción, pues determinará el tipo y la magnitud de los impactos

ambientales y sociales que provocarán. Los caminos rurales que más afectan el entorno son los que: (Gordon & Sherar, Ingeniería de los Camino Rurales: Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales, 2013).

Atraviesan las tierras de los pueblos mayas; terrenos silvestres críticos, extensiones de flora considerada área protegida.

Alteran el equilibrio natural en zonas con potenciales peligros naturales; áreas que constituyen el hábitat de la fauna silvestre.

Los que se adentran en áreas no idóneas para los cambios de uso del suelo.

Beneficios sociales positivos de crear caminos.

El hecho de construir un camino puede traer una gran cantidad de beneficios para la población local, por ejemplo: (Banco Mundial, 2014).

Mayor acceso a los mercados.

Más servicios asociados con el bienestar, tales como electricidad, agua potable, servicios de extensión, sistemas de crédito, servicios de salud y educación; estímulo a las agroindustrias.

Incrementa el valor de los terrenos próximos a causa el uso más intensivo de la tierra.

Mayores oportunidades de empleo.

Cambios en los usos y métodos agrícolas que conllevan un aumento de la producción y a superar la agricultura de subsistencia con excedentes para la venta y aumento de prosperidad de los pueblos.

Impactos sociales negativos en la creación de un camino.

Los inconvenientes que suelen presentarse debido a la construcción o modificación sustancial de la red de caminos rurales son: (Banco Mundial, 2014).

El aumento de alquileres o también que cambia la propiedad o los derechos de utilización de los recursos, de las clases pobres a las más ricas.

Puede afectar negativamente a las minorías étnicas, que vivieron aisladas geográfica y políticamente del resto del país.

Indicadores de la difícil transitabilidad en caminos rurales de tercer orden.

Incremento de los accidentes e incidentes vehiculares y peatonales.

Superficie no uniforme derivada de problemas estructurales como: baches, grietas, abultamientos, hundimientos, etc.

Disminución de la velocidad promedio del tránsito vehicular.

Aumento en los gastos de mantenimiento para vehículos que transitan regularmente.

Disminución drástica del flujo del flujo vehicular.

Incremento en la cantidad de usuarios insatisfechos, quienes se quejan constantemente con las autoridades municipales.

Reducción de la actividad comercial.

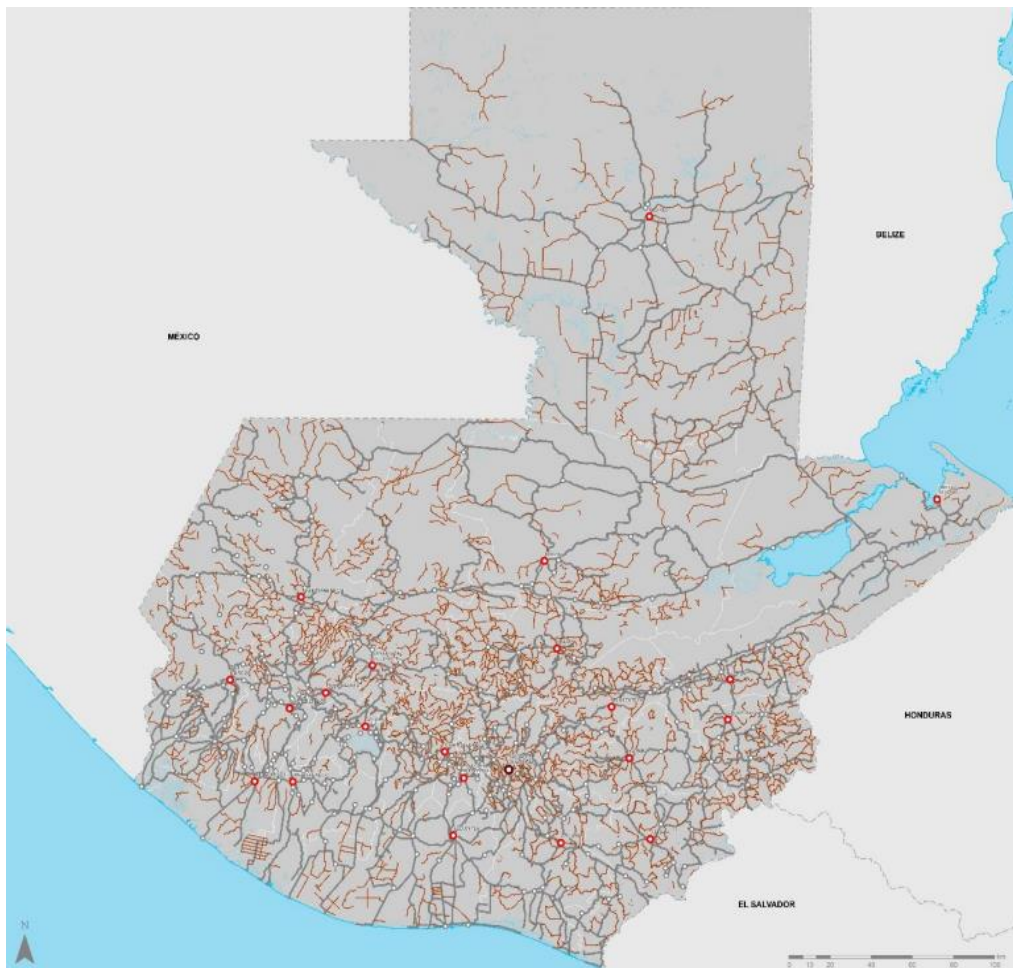
Caminos rurales en Guatemala.

Los caminos rurales son un tipo de infraestructura que tienen el objetivo de asegurar que las comunidades rurales tengan accesos oportunos a bienes y servicios, que puedan fomentar la prosperidad y crecimiento económico, con la finalidad de aportar a la calidad de vida, el bienestar social, la salud y la seguridad de los habitantes rurales, sin que esto signifique perjudicar la calidad del medio ambiente. (IARNA, 2013).

La planificación y el análisis de caminos rurales son labores clave para asegurar la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los usuarios de las comunidades, que aminore los impactos al medio ambiente, y a la vez, considere las necesidades futuras de la región. Para esto se requiere tomar en cuenta dos elementos fundamentales: a) las demandas actuales y futuras del camino, y b) la ubicación de este. (IARNA, 2013).

De igual forma la ubicación de los caminos es primordial para asegurar la sostenibilidad propia del camino, pues de esta forma se pueden evitar excesos de costos en su construcción, identificar los mejores accesos a las zonas carentes de accesos, y a la vez, se minimiza la distancia de recorrido entre los puntos de destino. (IARNA, 2013).

Mapa 2. Carreteras rurales de Guatemala.



Fuente: Caminos & CIV, 2021

La infraestructura vial y los caminos rurales.

La red vial de la República de Guatemala se agrupa de la siguiente forma: i) Según tipos de rutas: Centroamericanas, Nacional y Departamentales, a las que se deben

agregar los Caminos Rurales de conexión entre aldeas; ii) según aspectos estratégicos de comunicación: Primaria, Secundaria y Terciaria. (IARNA, 2013).

Al analizar varias fuentes se determina que no existe un concepto estándar para los caminos rurales. Según el documento Reformulación y Actualización del Plan de Desarrollo Vial, periodo 2008-2017, los tramos que conforman la Red Centroamericana, Nacional y Departamental, se definen de acuerdo con criterios de funcionalidad. (IARNA, 2013).

El principio empleado para diseñar los caminos rurales es: interconectan a las comunidades rurales de los correspondientes municipios. Con base en esta definición, es posible interpretar que los caminos rurales se concentran en las zonas de bajo desarrollo y que su volumen de tránsito es considerado como bajo. (IARNA, 2013).

Situación actual de la infraestructura vial: no existe información detallada y actualizada de la red vial del país, en especial de los caminos rurales. La explicación parcial a esto es que la red vial ha mantenido una evolución constante, y que además existe un sub registro de muchos caminos de la red vial. (IARNA, 2013).

Al analizar la evolución de la red vial y su composición por tipo de rodadura, para el periodo 2006-2013 se aprecia que el total de la red vial ha aumentado en promedio un 1.01% anual, mientras que solo el conjunto de caminos rurales ha crecido a razón de 2.22% anual, para el mismo periodo de acuerdo a (IARNA, 2013), lo cual demuestra el incremento de vehículos automotores en las comunidades y la importancia de aumentar y mejorar los caminos y así facilitar la transitabilidad.

Cuadro 2. Longitud de la red vial por tipo de rodadura, periodo 2006-2013.

Año	Total kilómetros	Longitud de la red vial		
		Tipo de rodadura		Caminos rurales
		Asfalto	Terracería	
2006	15,187.70	6,418.11	5,126.90	3,642.69
2007	15,327.11	6,497.11	5,047.90	3,782.10
2008	15,464.97	6,495.11	5,076.30	3,893.56
2009	15,700.13	6,919.91	4,679.12	4,101.10
2010	15,861.62	6,919.91	4,759.87	4,181.84
2011	16,004.38	6,982.19	4,802.71	4,219.48
2012	16,164.42	7,052.01	4,850.74	4,261.67
2013	16,326.06	7,122.53	4,899.24	4,304.29

Fuente: IARNA, 2013.

Beneficios socioeconómicos de los caminos rurales.

La creación de infraestructura vial que beneficie a la población, permitirá el acceso a servicios básicos, para que los pobladores y empresarios puedan desarrollar sus actividades; entre estos servicios se encuentra la infraestructura de carreteras. Estudios comprueban que la cantidad y calidad de la infraestructura de un país condiciona el desarrollo económico y social. (CIEN, 2011).

Existe una relación estrecha entre la disminución de la pobreza y la provisión de infraestructura rural. La existencia de una robusta asociación entre incremento de la dotación de infraestructura rural, el crecimiento agrícola y la reducción de la pobreza. (Escobal & Ponce, 2002).

El incremento de la infraestructura y el aumento de la producción nacional, están sólidamente relacionados: un aumento de 1% en el capital de infraestructura se asocia con un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) del 1%. Aunque existen otros

factores que contribuyen al desarrollo, la infraestructura es un elemento de desarrollo económico de primer orden, el hecho de rescindir de ella detiene crecimiento y desarrollo económico y social. (CIEN, 2011).

En Guatemala, la función principal de los caminos rurales es la interconexión de las comunidades rurales con sus correspondientes municipios. El Plan Maestro Nacional de Transporte plantea optimar la infraestructura vial con que se cuenta actualmente, con el objetivo de aminorar los costos de transporte e incrementar la confiabilidad de los servicios, esto en favor de la población guatemalteca en general y de los usuarios de las carreteras en particular. (CIV-DGC, 2007).

Por otra parte, el Plan de Desarrollo Vial 2008-2017 enfatiza en que se debe mejorar el acceso en las áreas rurales de mayores índices de pobreza, el propósito es impulsar su crecimiento económico y social, esta propuesta se basa en el marco de los Acuerdos de Paz de 1996, que se orientan al impulso de la calidad de vida de la población guatemalteca. (CIV-DGC, 2007).

Es necesario analizar que existen mecanismos microeconómicos por los cuales la inversión en infraestructura vial genera un impacto positivo en el crecimiento económico y la disminución de la pobreza. La inversión en caminos rurales favorece la reducción de costos de producción y los costos de transacción, lo que fomenta el comercio y facilita la división del trabajo y la especialización, los cuales son elementos clave para un crecimiento económico sostenido. Una mayor densidad vial provoca incentivos para la especialización, lo que permite una agricultura más intensiva en insumos modernos. (Escobal & Ponce, 2002).

El hecho de evaluar los impactos de los proyectos de caminos rurales se suele orientar al ahorro en tiempo de transporte y costos de acceso a los mercados de productos e insumos, por medio del costo generalizado de viaje, o sobre los beneficios del acceso

a los servicios sociales, como educación o salud, sin embargo, es una evaluación parcial de estos beneficios. (Escobal & Ponce, 2002).

Existen otros beneficios asociados con el mejoramiento de los caminos rurales, se encuentran relaciones significativas entre diversos indicadores de vialidad y las oportunidades de empleo rural no agropecuario, tanto en actividades salariales como no salariales. Inclusive muestran que el acceso vial puede compensar la falta de otros activos públicos y privados. (Escobal & Ponce, 2002).

Carreteras de terracería.

Son caminos no asfaltados contruidos de la propia superficie que los traspasa. Por sus características puede generar barro en tiempo de invierno, o levantar polvareda y a formar grandes baches por las lluvias, los caminos de tierra demandan mayor mantenimiento para estar en condiciones apropiadas. Debido a esto, brindan una menor transitabilidad que los caminos de ripio y los asfaltados, pero a la vez su costo de inversión es menor. (INTI, 2011).

De acuerdo con el suelo y la geología del lugar por el que pasan, los caminos de tierra tienen diferentes características. Pueden ser de tierra colorada (por ejemplo, en la provincia argentina de Misiones y sur de Brasil) o negra, más o menos arenosos, o bien, tener más o menos componentes de piedra. (INTI, 2011).

Estos caminos se encuentran comúnmente en áreas rurales y generalmente son angostos y de bajo tránsito, aunque en muchos países también puede haber rutas nacionales de tierra. En muchos países en vías de desarrollo son parte de las áreas metropolitanas de algunas ciudades, e incluso pueden ser calles y avenidas importantes, de un ancho considerable. (INTI, 2011).



Mientras que los caminos de ripio generalmente pueden ser transitados por vehículos comunes, los caminos de tierra muchas veces pueden ser transitados únicamente por camiones o vehículos cuatro por cuatro, en especial en épocas de lluvia ya que es fácil quedar atascado en arena o barro. (INTI, 2011).

Carreteras en mal estado.

Hace referencia al descuido de las carreteras por parte de la administración pública o privada del área donde esta se encuentre, el desgaste y deterioro de las carreteras es inevitable debido al flujo del transporte que en estas se efectúa, por ello el mantenimiento preventivo y correctivo debe ser inherente a un proyecto de esta índole; al no llevar a cabo es que en la obra empiezan a aparecer baches, grietas y otros problemas estructurales que perjudican su capacidad.

Una carretera en mal estado dificulta el acceso al territorio, como consecuencia, a servicios básicos como sanidad o educación, y la cohesión regional. Por otra parte, ocasiona un incremento del consumo de combustible de los vehículos hasta un 34% y disminuye la vida útil de los vehículos hasta un 25%. Un firme en mal estado supone además un incremento de hasta un 34% de las emisiones de gases de efecto invernadero, con sus consecuentes problemas medioambientales y riesgos para la salud. (Ecoasfalt, 2016).

Las irregularidades en el paquete de firme conllevan un alto nivel de vibraciones que suponen daños en la carrocería y estructuras del habitáculo (asiento, tablero, puertas, etc.), deformaciones de los neumáticos y en casos extremos la rueda completa (llanta más neumático), el incremento de frecuencia de revisiones y el aumento del consumo de combustible entre otros. (Ecoasfalt, 2016).

El mal estado de una carretera puede presentarse de varias formas: pintura desgastada, mala iluminación, pavimento deteriorado, señales que no se ven, etc. Situaciones que incrementan la probabilidad de cometer errores al volante. (Ecoasfalt, 2016).

Por otro lado, si la actual carretera se encuentra en mal estado, conducir de manera irresponsable puede traer consigo dificultades en el vehículo y accidentes de tránsito como consecuencia, además, de un mayor consumo de combustible e incremento en la contaminación del medio ambiente. (Ecoasfalt, 2016).

Mal estado de las carreteras en Guatemala. En el apartado calidad de carreteras, el último informe global de competitividad del Foro Económico Mundial sitúa a Guatemala en el puesto 92 de 138 países, superado por El Salvador y Honduras. (Carreteras Panamericanas, 2017).

Este mal estado de las rutas impacta de manera negativa la economía y el turismo, ya que incrementa el tiempo de traslados y retrasa la llegada de visitantes a sitios de recreación. Por otra parte, el deterioro de la red vial representa un aumento en los costos de operación, tanto para el transporte de carga como para el de pasajeros. (Carreteras Panamericanas, 2017).

El índice de condición del pavimento (PCI) actual del país es de 40, lo que significa que las carreteras están en un estado muy malo. (Carreteras Panamericanas, 2017).

Se estima que el tiempo en que las carreteras nacionales podrían ser recuperadas es de cuatro años, siempre que haya voluntad política y mejoras sustanciales en la institucionalidad del Ministerio de Comunicaciones. (Carreteras Panamericanas, 2017).

Consecuencias del mal estado de las carreteras en Guatemala. El mal estado de las carreteras afecta en gran medida a la economía personal, empresarial y consecuentemente del país, ya que incrementa los gastos de transporte y costos de mantenimiento de los vehículos. (Torres, 2021).

De igual forma el transporte pesado y de carga es esencial para el traslado bienes de consumo humano (especialmente alimentos), materias primas y variedad de productos que son vitales para el día a día de los guatemaltecos. (Torres, 2021).

De acuerdo a un estudio del Consejo Privado de Competitividad, como consecuencia del mal estado de las carreteras y calles en el país, la velocidad de desplazamiento de las personas individuales y productos se redujo de 58 kilómetros por hora en el año 2000 a 37 kilómetros en 2017, lo que aumenta el costo de distribución de los productos. (Torres, 2021).

Por otro lado, año con año aumenta el parque vehicular en Guatemala, pero las carreteras siguen en las mismas condiciones y al no tener el mantenimiento adecuado se deterioran cada día más, y exponer a empresarios y a la población guatemalteca a accidentes o daños en sus vehículos. (Torres, 2021).

Diversas empresas han ampliado su flotilla de vehículos con el propósito de cubrir la demanda de sus productos, puesto que las dificultades que causa el llegar a su destino hace que cada unidad visite menos clientes. (Torres, 2021).

La mayoría de las carreteras de Guatemala se encuentran deterioradas, eso ocasiona mayores gastos. Los automotores se averían con mayor frecuencia y se consume más combustible en el tráfico. (Torres, 2021).

Los empresarios estiman que después de Honduras, Guatemala tiene las peores carreteras de Centroamérica. Para incrementar la competitividad del país creen que es necesario que las Alianzas Público-Privadas se unan para hacer carreteras más eficientes. Además de aplicar una estrategia nacional de logística. (Torres, 2021).

Mantenimiento de carreteras.

Es determinante el material que se utiliza al construir las carreteras pues condiciona los daños que pueden afectar a estas, pues el comportamiento de las deformaciones, fisuras y grietas dependen de las características del material. En este manual se describe los daños que pueden tener los pavimentos asfálticos, concreto hidráulico simple y reforzado y caminos rurales de balasto, tierra y arena. (Chinchilla, 2017).

Los pavimentos de concreto hidráulico se pueden dividir en concreto hidráulico simple que será sencillamente el uso de la carpeta asfáltica y el concreto hidráulico reforzado que es el uso de concreto con un refuerzo que generalmente se usa acero. (Chinchilla, 2017).

Entender sobre cómo se realiza el mantenimiento de carreteras, implica comprender las diferentes generalidades y conceptos importantes, además de las normas nacionales e internacionales, especificaciones técnicas, generales y disposiciones especiales. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento preventivo.

Su objetivo es prevenir fallas en las vías y que han sido identificadas como defectuosas o con alto riesgo de que sucedan y que deben ser tratadas antes de que éstas ocurran daños mayores, que luego se complique su reparación o se incremente el costo. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento periódico. Son los trabajos de conservación vial que se realizan en períodos programados, normalmente en periodos con un año de intervalo, para elevar la vía a un nivel de servicio bueno o muy bueno. Está considerada, entre otros, la colocación de sobre capas en pavimentos deteriorados existentes y el mejoramiento de las capas de la estructura. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento rutinario. Incluye la realización de aquellas actividades necesarias para conservar una vía en buen estado, mismas que se repiten una o más veces al año. Además, de realizar todas aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar ciertos elementos con daños menores, tales como los barandales de puentes, obras de drenaje menor, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento correctivo. Se refiere a aquel que corrige los defectos observados en las vías, es la forma básica de mantenimiento y consiste en identificar averías o defectos y corregirlos o repararlos, este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación no presupuestado. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento de emergencia. Corresponde a la ejecución de labores realizadas en forma urgente, como consecuencia de sucesos de fuerza mayor (como el caso de desastres naturales) y que tienen la finalidad de habilitar lo más pronto posible la vía para que permita la libre transitabilidad, tampoco están planificados y por ende no presupuestados. (Chinchilla, 2017).

Mantenimiento permanente. Comprende las labores destinadas a la solución de fallas en la vía que han sido identificadas como defectuosas y repararlas de tal manera que persista la reparación o que consigue perdurar en un largo tiempo. Para este tipo de actividades si existe una programación y presupuestos en el reglón correspondiente. (Chinchilla, 2017).

Rehabilitación de caminos rurales.

Se refiere a la reconfiguración de la capa de material (balasto, arena y tierra) del camino de acceso, conformación del bombeo que se requiere para la evacuación

transversal y longitudinal del tramo, humedecimiento y compactación de la capa para eliminar escollos de la superficie de rodadura. (Chinchilla, 2017).

Para este tipo de trabajo, es necesario contar con maquinaria específica para las tareas, es factible considerar el uso intensivo de mano de obra para la reconfiguración y especial cuidado en las tareas de compactación. (Chinchilla, 2017).

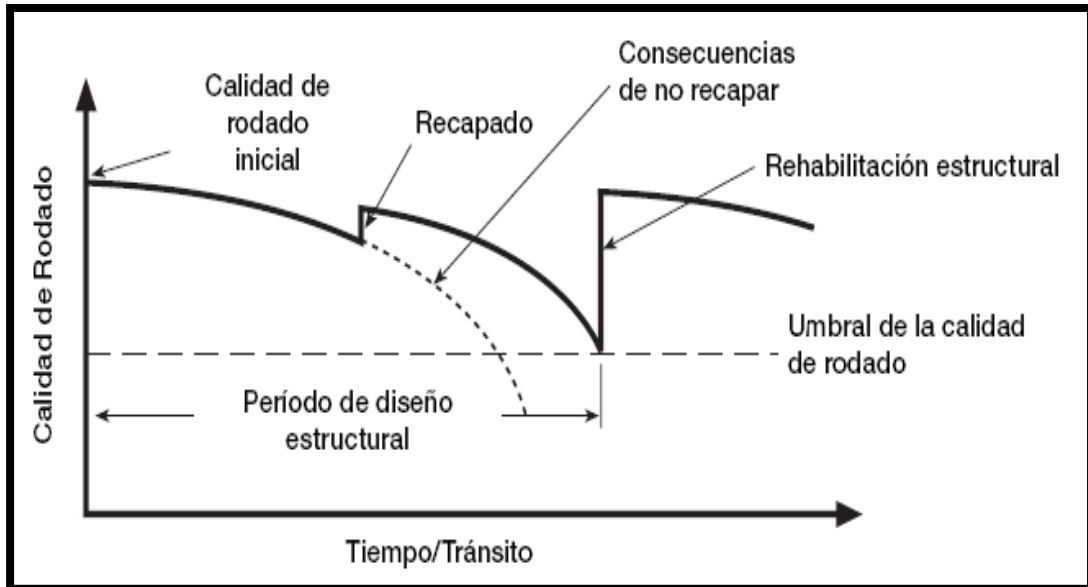
Se realiza si el estado del camino muestra un deterioro que excede lo programado, de acuerdo con su vida de diseño; usualmente comprende la reposición total de la capa de material del proyecto. Esta labor se efectúa con un intervalo de tres años y si no se da mantenimiento correctivo. (Chinchilla, 2017)

Seguridad vial. Consiste en identificar una serie de iniciativas cuyo objetivo es lograr una disminución sustancial de la probabilidad de que se produzcan accidentes, con programas de seguridad vial, por ejemplo, la señalización y semaforización, especialmente en calles muy congestionadas de vehículos y peatones. (Chinchilla, 2017).

Mejoramiento de calles. Las consecuencias del envejecimiento de la carpeta de rodadura pueden ser corregidos o ralentizados en forma efectiva si los trabajos de mantenimiento se realizan a tiempo. Si las condiciones de tránsito son severas, el mantenimiento puede resultar no tan efectivo y necesitar un proceso de rehabilitación definido o un repavimentado con capas adicionales de mezcla asfáltica o concreto rígido. Para condiciones de tránsito bajo, el mantenimiento se puede dar por medio de un tratamiento superficial. (Castañeda, 2011).

En la siguiente gráfica se detallan las fases de la calidad de la rodadura típica que muestra la efectividad del mantenimiento oportuno y de las medidas de rehabilitación. (Castañeda, 2011).

Gráfica 1. Monitoreo de calidad de carpeta de rodadura.



Fuente: Castañeda, 2011.

Existen diversas opciones para la rehabilitación de un camino deteriorado y en algunas ocasiones es complicado definir cuál es la mejor. Sin embargo, es importante seleccionar las opciones más rentables desde el inicio del proyecto, de esta forma se facilitará la tarea de seleccionar la técnica correcta. (Castañeda, 2011).

Realizar una inspección visual detallada, más algunos ensayos básicos a la estructura de pavimento, generalmente son suficientes para entender las razones del deterioro. (Castañeda, 2011).

La importancia de realizar esta inspección es determinar si el deterioro se produce únicamente en la superficie del pavimento o si existe un problema estructural. Es muy importante tomar en cuenta las situaciones de tránsito, condiciones de clima y disponibilidad de recursos que pueden tener una influencia significativa en la ejecución del proyecto. (Castañeda, 2011).

Mantenimiento de caminos rurales.

Los caminos rurales deben mantenerse durante su uso activo, una vez finalizadas las operaciones periódicas, y luego de ocurrir tormentas importantes, para asegurarse de que las obras de drenaje funcionen correctamente. Las lluvias fuertes producirán fallas en los taludes de cortes que obstruirán las cunetas, lo que hará que el agua escurra sobre la superficie del camino, lo que ocasionará erosión de ésta y el talud del terraplén. (Gordon & James, 2004).

Durante fuertes lluvias los escombros son arrastrados por los cauces naturales y bloquean las estructuras de drenaje, lo que provoca que el agua desborde sobre el camino y se erosione el relleno. Las roderas, ondulaciones y baches en la superficie de rodamiento almacenarán agua, debilitarán la sección estructural de la calzada, acelerarán el daño superficial, y dificultarán el manejo. (Gordon & James, 2004).

El mantenimiento de rutina es necesario en cualquier camino para mantener las condiciones de servicio de éste y asegurar que su sistema de drenaje funcione correctamente. Con un camino bien conservado se disminuirán los costos de los usuarios del camino, se evitarán daños a la calzada y se reducirá la producción de sedimentos. La forma en que se le dará mantenimiento al camino debe establecerse antes de que éste se vaya a construir o a reconstruir. (Gordon & James, 2004).

La labor de mantenimiento se puede efectuar con personal de los organismos estatales o locales, por medio de contratistas, o mediante grupos comunitarios locales. Los recursos a utilizar para el mantenimiento pueden provenir directamente de los fondos asignados por el organismo operador de caminos, de impuestos locales o sobre la gasolina, de cuotas pagadas por los usuarios del camino, o de mano de obra local donada por los usuarios del camino interesados. (Gordon & James, 2004).



Aspectos clave del mantenimiento de caminos. Los aspectos clave que se deben ejecutar de manera rutinaria son: (Gordon & James, 2004).

Conformar y nivelar la superficie de la calzada para mantener bien definido un gradiente hacia adentro o hacia afuera o un coronamiento que permita desalojar el agua de forma rápida de la superficie de rodamiento. (Gordon & James, 2004).

Compactar la superficie nivelada de la calzada para conservar una superficie dura de rodamiento y evitar la pérdida de finos. Reemplazar el material de revestimiento que así se requiera. La superficie del camino debe mantenerse humedecida. (Gordon & James, 2004).

Remover las roderas a través de los vados ondulantes superficiales y de los caballetes desviadores. Reconfigurar las estructuras para que funcionen correctamente. (Gordon & James, 2004).

Limpiar las cunetas y reconfigurarlas en el momento se requiera para tener una capacidad de flujo adecuada. No deben nivelarse las cunetas que no lo necesiten. (Gordon & James, 2004).

Retirar los escombros de la entrada de alcantarillas para evitar el taponamiento y el desbordamiento. Revisar que no haya daños ni indicios de tubificación o de socavación. (Gordon & James, 2004).

Sustituir o reparar el acorazamiento de roca, concreto o vegetación usada para protección de taludes, protección contra la socavación, o disipación de energía. (Gordon & James, 2004).

Podar la vegetación a los lados del camino (quitar la maleza) para mejorar la distancia de visibilidad y la seguridad del tránsito. (Gordon & James, 2004).

Sustituir las señales faltantes o dañadas de información sobre el camino, seguridad y reglamentación. (Gordon & James, 2004).

Prácticas recomendadas.

Realizar el mantenimiento cada vez que sea necesario. Mientras más tiempo se espere mayores serán los daños que podrán ocurrir y consecuentemente, las reparaciones serán más costosas. (Gordon & James, 2004).

Las cunetas y alcantarillas deben mantenerse libres de escombros, pero debe conservar una superficie resistente a la erosión como puede ser el pasto o la roca en el fondo de las cunetas. Retirar los escombros durante las inspecciones. Además, se deben mantener limpios los canales de desbordamiento. (Gordon & James, 2004).

Renivelar y configurar periódicamente la superficie del camino para mantener un drenaje superficial adecuado. (Gordon & James, 2004).

La superficie del camino se debe mantener humedecida durante la nivelación. Los baches y roderas se deben rellenar con grava o con material compactado tan frecuentemente como sea posible. Mantener los vados ondulantes superficiales configurados y nivelados. Sería ideal compactar la superficie final nivelada del camino. (Gordon & James, 2004).

Mantener el lado de bajada del camino libre de bermas, excepto que se construya intencionalmente una berma para controlar agua o tránsito. (Gordon & James, 2004).

Aplicar un material para estabilizar la superficie, como puede ser agregados, cantos rodados, o pavimentos, a la superficie del camino para proteger a la calzada contra daños y reducir la frecuencia de mantenimiento necesario. (Gordon & James, 2004).

Evitar la alteración del suelo y de la vegetación a menos que sea necesario. Conservar la mayor cantidad de vegetación (pastos) en las cunetas, en las zonas del acotamiento del camino, y en los taludes de cortes y rellenos (sobre todo pastos y maleza de crecimiento lento) siempre que sea posible. Sin embargo, asegúrese de que los sistemas de drenaje funcionen correctamente. (Gordon & James, 2004).

Retirar materiales desprendidos de la calzada o del interior de las cunetas donde el material pueda obstruir el drenaje normal de la superficie de la calzada. (Gordon & James, 2004).

Evitar ensanchar el camino o el exceso de inclinación de los taludes de relleno formados al empujar con cuchilla el material superficial fuera del camino. (Gordon & James, 2004).

Cierre el camino durante condiciones de mucha lluvia o en periodos de inactividad. (Gordon & James, 2004).

Inspeccionar el camino a intervalos regulares, sobre todo después de periodos de lluvias fuertes. (Gordon & James, 2004).

**Pavimento rígido.**

Es el que se ejecuta al tener como material principal el hormigón, puede ser en la base o en toda su estructura. Estos pavimentos se clasifican de acuerdo con el tipo de hormigón que se emplee. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

Se debe considerar las formas de trabajo de acuerdo a la diferencia entre pavimentos rígidos y flexibles ya que varían de distribución de las cargas en la sub - base o subrasante. En el caso de los pavimentos rígidos, debido a las características propias del material empleado como son: rigidez y alto módulo de elasticidad, las cargas tienden a distribuirse sobre un área mayor de la subrasante, por lo que una mayor parte de estas es absorbida por la losa de hormigón. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

Materiales y técnicas constructivas. Los pavimentos rígidos varían de acuerdo con el material empleado, y, por tanto, también varían las técnicas constructivas según el caso, encontrándose: (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001, pág. 36).

Base estabilizada con cemento (suelo-cemento).

Base de hormigón pobre.

Base de hormigón simple normal.

Base de hormigón armado.

Base de hormigón postensado.

Los más utilizados actualmente son los dos primero, debido a que son los más económicos por el aumento de la velocidad de realización y mayor garantía en la calidad de los resultados. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

En los casos en que se emplea el hormigón simple, y el hormigón armado, los resultados son muy similares a los anteriores, en cuanto a comportamiento y durabilidad, siempre que se empleen las juntas de expansión necesarias, correctamente espaciadas y diseñadas de forma tal que no se filtre el agua a través de ellas hacia la subrasante. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

Gracias a estos dos métodos se logra un acabado superficial uniforme y de buena textura. Si se utiliza hormigón postensado, los costos económicos se elevan, por lo que se usan solo en casos de pavimentos que serán sometidos a grandes cargas de impacto, como es el caso de las pistas de aeropuertos. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

Partes del pavimento rígido.

Capa de rodadura: es la capa superficial del concreto de cemento Portland, es decir, la losa en sí, cuyas funciones son: (Paz Stubbs, 2000).

Proveer un valor soporte elevado, y que de esta forma resista muy bien las capas concentradas que provienen de ruedas pesadas, trabajándose a flexión y lo distribuye bien al material que existe debajo.

Textura superficial poco resbaladiza aún si se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite u otro material deslizante.

Proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito.

Prevenir a la superficie de la penetración del agua.

Buena visibilidad, por su color claro dé mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.

Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

Base: es la capa conformada por la conjugación de piedra o grava, con arena y suelo en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para construir una base integrante de un pavimento. Esta es colocada debajo de las losas de concreto y arriba de la sub- rasante. (Paz Stubbs, 2000).

Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o

bien suelo- cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Las funciones de la base en los pavimentos de concreto en su orden de prioridad son: (Paz Stubbs, 2000, pág. 24).

Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios.

Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.

Aumentar la capacidad estructural del pavimento.

Sub – base. Es la capa conformada por la combinación de piedra o grava con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una sub – base íntegramente de un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a: (Paz Stubbs, 2000, pág. 25).

Soportar.

Transmitir.

Distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la sub- rasante las soporte.

Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la losa de concreto.

Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub – rasante.

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en 3 tipos.

Concreto hidráulico simple: no contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 m). Las juntas pueden o no contar con dispositivos de transferencia de cargas (dovelas). (Iturbide, 2002).

Concreto hidráulico reforzado: tiene espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 m) y llevan armadura distribuida en la losa con la intención de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. (Iturbide, 2002).

Concreto hidráulico reforzado continuo: tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción, la armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas. (Iturbide, 2002).

Plan para aplicación de pavimento rígido.

Proceso constructivo. Debe empezarse con comprobar que la subrasante reúna las condiciones de resistencia mínima y que presente los perfiles con las pendientes necesarias para los drenajes, además de encontrarse en la cota o altura pedida como base o fondo del pavimento según los requerimientos del proyecto. En segundo lugar, se comprueba si todas las instalaciones y canalizaciones que van bajo el pavimento están correctas. (Quintana, 2013).

Al ser ejecutadas las comprobaciones, se colocan las gualderas y guías que limitarán los paños de hormigonado hasta las juntas de construcción y expansión. Antes de verter el hormigón, es preciso humedecer bien la subrasante y las gualderas. El hormigonado se hará en cuadros alternos, a fin de dejar juntas de construcción que puedan ser usadas como de expansión; esos cuadros deben ser de 4.00 x 4.00 m. (Quintana, 2013).

Después de haber vertido el hormigón, se procede a emparejar la superficie usándose de ser posible, reglas vibratorias. Posteriormente, debe lograrse el acabado de textura de la superficie por medio de fratasadoras mecánicas o manuales. (Quintana, 2013).

Consideraciones constructivas. Una vez se ha seleccionado el tipo de pavimento de concreto, tipo de base o sub - base (si es necesaria) y tipo de hombros (con o sin hombros de concreto, mordientes y cunetas o mordientes integrados), el espesor de diseño es determinado basado en los siguientes factores de diseño: (García López, 2004, pág. 31).

Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR).

Resistencia de la sub – rasante.

Existen esfuerzos a los cuales están sujetos los pavimentos de concreto hidráulicos: (García López, 2004, pág. 31).

Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.

Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas.

Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.

Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.

Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

Para favorecer la vida útil deben ser considerados los esfuerzos antes mencionados para su diseño. Es prioritario que se tomen en cuenta el volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible. El valor relativo de soporte y especificaciones de la sub - rasante. El clima de la zona. La resistencia y calidad del concreto a emplear. (García López, 2004).



Para aplicar un pavimento adecuado a su función económica debe tomarse en cuenta los factores antes mencionados, si las losas siguieran un diseño grueso su vida útil no se vería afectada pero su costo se elevaría. Si al contrario las losas son muy delgadas y no aptas para el peso que soportarán, con seguridad tendrá grandes fallas y si se encuentran en una zona en de alta pluviosidad, se sufrirá de filtración, cambios en su sub- base o base hasta su colapso. (García López, 2004).

Durante la investigación de campo no debe olvidarse considerar el tráfico promedio diario anual (T.P.D.A.), el diseño del pavimento depende fuertemente de estos datos, así como el tipo de vehículo que transitará, para así determinar el peso a soportar. Tomándose en cuenta el futuro, debe considerarse que existen calles con baja transitabilidad, pero al mejorar esta incrementa. Es importante saber si circulará tráfico pesado para calcular el ancho de losa y bordillos. (García López, 2004).

El clima es un factor importante, las lluvias fuertes y constante pueden traer problemas para el pavimento, debe tomarse en cuenta hacia donde drenará el agua y evitar que ésta se acumule para evitar el congestionamiento o accidentes. (García López, 2004).

También debe de estudiarse el lugar en donde se realizará el proyecto, si cuenta con carreteras importantes aledañas, si es una vía de acceso a calles o lugares importantes. Si es un lugar turístico o comercial, el crecimiento demográfico y cargas de ruedas sobre caminos de igual importancia existentes en otras zonas. (García López, 2004).

El análisis se completa al reunirse información sobre la presencia de fábricas, minas, etc. En resumen, debe conformarse el volumen aproximado de vehículos que circularán y considerar el incremento de estos para el periodo de vida útil del proyecto. (García López, 2004).

Parámetros para pavimentar.

El objetivo del diseño y construcción de los pavimentos es de prestar el servicio de movilidad y comunicación, durante un periodo determinado, durante el cual mantenga condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado. (Moaveni, 2003).

Varios elementos deben ser considerados al momento de diseñar un pavimento, de estos los más relevantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales utilizados en su construcción. (Moaveni, 2003).

El tránsito y el período de diseño. La categorización del tránsito en el diseño de pavimentos debe seguir los parámetros que se indican en el cuadro 3, estos se obtuvieron a partir de los espectros de carga generados a través de la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1,000 camiones, en diferentes estaciones de peaje de la zona, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO. (Woom, 2008).

El tipo de vía se refiere a la clasificación de la vía según su importancia, como se ha mencionado anteriormente. (Woom, 2008).

El “TPDS” es el promedio diario, obtenido del registro de una semana de los vehículos que transitan por una sección de la vía. (Woom, 2008).

Por último, los ejes acumulados de 8,2 ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño. (Woom, 2008).

Debe establecerse un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso contar con una alta certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su proyección. (Woom, 2008).

Cuadro 3. Categorías de tránsito para la selección de espesores.

Categoría	Tipo de vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M o A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Woom, 2008.

Donde:

Vt: vía terciaria.

Vs: vía secundaria.

Vp: vía principal.

E: estrechas.

M: medias.

A: anchas.

CC: carreteras de dos direcciones.

MC: carreteras multicarriles.

AP: autopistas.

Subrasante. Para subrasantes con CBR (Relación de Soporte de California) menores que 2, en la mayoría de los casos y en el caso de que el diseñador lo considere conveniente, serán necesarios tratamientos especiales, como la remoción de los materiales inadecuados (sustitución parcial o total del material inaceptable) o la transformación de sus características basada en la optimización mecánica o con la agregación de productos como cal, cemento u otros que propicien en la subrasante mejoras en sus características mecánicas. (Aristizabal, 2000).

Cuadro 4. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

CBR %	Módulo resiliente (kg/cm <sup>2</sup> )
< 2	< 200
2 – 5	200 – 500
5 – 10	500 – 1,000
10 – 20	1,000 – 2,000
> 20	> 2,0000

Fuente: Aristizabal, 2000.

Material que se utiliza para el soporte del pavimento.

En este sentido se utilizan tres tipos de soporte para el pavimento, el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento de 150 mm. de espesor. Su aplicación, en el espesor de la estructura deberá tomar en cuenta al elevarse el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante, de acuerdo a cada contexto. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral. Existen dos factores con influencia en determinar el espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes. El espesor que deben tener los pavimentos se rige en función de la presencia o ausencia de las dovelas y del resto de elementos confinantes, que se denominan genéricamente como bermas para su facilidad de reconocimiento. (Madenci & Ibrahim, 2006).

Debe considerarse que para la mala calidad de condiciones en el soporte o tránsitos altos no se toman en cuenta algunos tipos de pavimentos, como por ejemplo pavimentos sin bermas y sin dovelas. En estos parámetros no se considera el uso de acero para fortalecer las losas, solo se tendrá acero en las dovelas y en las barras de anclaje. El acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con diámetros de

más de 15 mm y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores a los 15 mm. (Madenci & Ibrahim, 2006).

Características del concreto para pavimentos. El diseño de pavimentos debe considerar cuatro calidades de concreto, las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden basándose en el ensayo de resistencia a la flexión del concreto. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

Cuadro 5. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Nam, Kim, Choi, & Won, 2007.

Juntas y tamaños de losas.

Es una acción relevante en el diseño de pavimentos sirven, para la construcción del pavimento por losas separadas, su efecto es evitar que surjan grietas de construcción en cualquier parte de la losa y ayuda a la unión adecuada entre ellas, de esta forma se asegurar la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento; y sea requerido, deben proveer además una óptima transferencia de carga a las losas contiguas. (Siebold, 2005).

Sin excepción alguna, las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y debe garantizarse la protección contra la penetración en las mismas, de materiales extraños y perjudiciales, hasta la hora que sean selladas. (Siebold, 2005).

Se debe considerar en pavimentos con juntas, los intervalos de juntas son diseñados a cada supuesta falla, en intervalos de 15 a 25 pies (4.57 metros a 7.62 metros), (en losas

planas simples) o espaciadas a intervalos más grandes si existe la distribución adecuada de acero en cada panel (diseño de losas reforzadas), con el objetivo de que el intervalo de las fallas tenga un buen comportamiento. (Siebold, 2005).

En pavimentos de grosor convencional con espaciamientos entre juntas de 15 a 20 pies (4.57 metros 6.10 metros), la transferencia de carga a través de juntas transversales provista por la interacción de partículas de agregados en las caras de las juntas es suficiente para proyectos en los que transita volúmenes bajos de transporte pesado (unidades con más de cuatro llantas). (Siebold, 2005).

Existen dos clasificaciones para juntas de pavimento, transversales y longitudinales, estas a su vez pueden clasificarse como de contracción, construcción y de expansión. Entre las juntas se encuentra como la más difícil con relación a su espaciamiento y dimensión las transversales de contracción. Los tipos más comunes de juntas en los pavimentos de concreto son: (Siebold, 2005).

Juntas transversales de contracción: estas juntas son construidas transversalmente a la línea central y espaciada, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. La orientación de estas juntas es en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento, de esta forma reducir la carga dinámica a través de la junta y eliminar cargas simultaneas de las llantas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Para el control de fallas, el intervalo adecuado entre juntas de contracción en pavimentos sencillos depende de las propiedades de contracción del concreto, de las características de fricción de la base o sub - rasante, del espesor de losa y de las propiedades del material sellador de juntas. Se recomienda un espaciamiento máximo

de 20 pies (6.10 metros). (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Juntas transversales de construcción: estas son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Diseñarlas y construirlas apropiadamente es crítico para el desempeño general del pavimento. Se construyen al final de la operación de pavimentación, al final del día, o si el suministro de concreto es ausente. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Estas juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en la localización de una junta planificada previamente. Si la junta de construcción se coloca en una ubicación planificada o el pavimento no está adyacente a una losa de concreto existente, se requieren dovelas para concretar la transferencia de carga. La orientación de estas juntas es siempre perpendicular a la línea central, incluso si las juntas de contracción estén esviajadas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Juntas de expansión o aislamiento: son instaladas en una localización que permite el movimiento del pavimento sin que dañe estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección de este. Las juntas de expansión o aislamiento deberán tener de 19 mm a 25 mm (3/4" a 1") de ancho. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de juntas deberá ocupar el vacío entre la sub – base o sub - rasante y el sellador de la junta. El relleno ha de quedar aproximadamente 25.4 mm (1") debajo del nivel de la superficie y debe

ser extendido en la profundidad y ancho total de la losa. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

En las juntas de expansión el espesor de la losa deberá incrementarse en un 20% a lo largo de la junta de expansión. La transición de espesor es paulatina, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Por último, se puede mencionar que las juntas longitudinales de contracción que dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde son colocados dos o más anchos de carriles al mismo tiempo. También a las juntas longitudinales de construcción, que unen carriles de pavimentos adyacentes, en el caso de que fueron pavimentados en diferentes fechas. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

Diseño de un pavimento.

El método más utilizado es el de la P.C.A. (Portland Cement Association), los métodos que se usarán en el diseño deben guiarse con los datos de la distribución del eje de carga que han sido estimados o determinados. Deben tomarse en cuenta los siguientes factores de diseño: (López López, 2009, pág. 29).

Tipo de juntas y hombros.

Esfuerzo de flexión del concreto (MR) a los 28 días.

Valor de k, que es la resistencia de la sub- rasante o de la combinación de la sub - rasante y sub- base.

Los métodos elaborados por la P.C.A. para el espesor de las losas son:



Método de capacidad. Este procedimiento de diseño es aplicado si se tienen posibilidades de obtenerse datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método acepta información detallada de carga por eje, la cual se obtiene de estaciones representativas. (López López, 2009).

Método simplificado. Es aplicado si no es posible la obtención de datos de carga por eje utilizándose en cambio tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carretera y tipos de calles. Las tablas de diseño muestran parámetros para una vida útil del pavimento de veinte años y son basadas solo en el tránsito estimado en la vía. (López López, 2009).

Este método propone un diseño que se basa en experiencias generales de comportamiento del pavimento, condiciones a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método estipula que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los vehículos. (López López, 2009).

Determinar el espesor de la losa de concreto obliga a conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base para mejorar la estructura de un pavimento. Un comparativo importante de bases, de suelo – cemento en relación con las bases granulares, es que se tiene mayor grado de resistencia estructural en las primeras que en las segundas. El valor aproximado de  $k$  (módulo de reacción), es usado en bases granulares y bases de suelo – cemento. (Crespo Villa, 1999).

Dentro del diseño de la P.C.A. se necesita saber el TPDC (tráfico promedio diario de camiones), cuyo valor se expresa como un porcentaje de TPD (tráfico promedio diario). El diseño se ve influenciado considerablemente por el tránsito futuro, debido a que el aumento de este fluctúa por factores como el tránsito desarrollado. La totalidad de estos factores podrían causar razones de crecimiento anual del 2 al 6%,

porcentaje que corresponde a factores de proyección de tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8. (Crespo Villa, 1999)”

El uso de razones altas de crecimiento no aplica para calles residenciales, ya que por lo general en este tipo de zonas se soporta poco tránsito, y por lo general, este proviene de únicamente de los residentes o es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de aumento podrían estar debajo de 2% por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3), las tablas están diseñadas para un período de 20 años. (Crespo Villa, 1999).

Para otros lapsos de diseño, las estimaciones de tránsito TPDC se multiplican por un factor adecuado a fin de la obtención del valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, al decidir utilizar un período de diseño de 40 años en lugar de 20, la estimación del valor del TPDC correcta es multiplicar por 40/20. (Crespo Villa, 1999).

Velocidades. Este factor dentro de una carretera conserva una relación directa que depende de cuatro factores diferentes que particularizan al conductor y su vehículo que son las especificaciones físicas de la carretera, las condiciones climáticas del ambiente, la presencia o la interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de la velocidad, ya sean de carácter legal o en relación con el empleo de dispositivos usuales para el control del flujo vehicular. (Medina Fajardo, 2008).

Para el conductor, la velocidad es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la selección de la ruta a transitar o al elegir determinado modo de transporte, calculándose su relevancia en términos de tiempo de recorrido, costo de viaje, de la combinación de estos dos últimos factores y de la conveniencia de los usuarios. (Medina Fajardo, 2008).

La mayoría de las corrientes vehiculares registran en su proceder variaciones de velocidades que se han establecido en una distribución estadística, esto es, que la mayor parte de los valores tienen lugar dentro de un rango central, con muy pocos valores ubicados en los rangos extremos de arriba y de debajo de la distribución. (Medina Fajardo, 2008)

En todo caso, el diseño busca que los usuarios estén satisfechos en los requerimientos relativos a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, no dejándose llevar por incómodos extremos, como ocurriría si se pretende atender a la pequeña cantidad de usuarios que exigen mayores velocidades de lo que se juzga como razonable. (Medina Fajardo, 2008).

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades, la de operación, diseño y la de rueda. (Medina Fajardo, 2008).

Velocidad de operación: es la velocidad máxima que un conductor debe tener al viajar por una carretera en condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin permitir ningún exceso de los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Velocidad de diseño: es también llamada como velocidad directriz, es la velocidad máxima que, en condiciones de seguridad es tan favorable como para hacer prevalecer las especificaciones del diseño utilizado. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

En principio, las carreteras deben ser diseñadas para las máximas velocidades que muestren compatibilidad con los niveles necesarios de seguridad vial, movilidad y eficiencia, considerándose debidamente de las restricciones ambientales, económicas,

estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La velocidad de diseño deberá ser consistente con la velocidad el conductor promedio transitará. En una vía secundaria con características topográficas favorables, por ejemplo, en la que los conductores conducen a velocidades relativamente altas, gracias a su percepción de las condiciones físicas y operativas de la carretera, es inapropiado aplicar una baja velocidad por los riesgos que esto traería en términos de seguridad. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta adecuada de aplicarse en la categoría superior de los sistemas de carreteras. Éste es el límite superior recomendado para América Central. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Debe admitirse que, en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la apropiada consideración de las características topográficas de la zona, se disminuyan gradualmente las velocidades sugeridas para diseño, hasta límites prácticos y con sentido. En las arterias urbanas controladas por los dispositivos conocidos de regulación del tráfico, se acepta que la velocidad de rodaje sea limitada a 30 y en circunstancias específicas hasta 25 kilómetros por hora, por lo que las velocidades menores de diseño pueden establecerse en los 40 kilómetros por hora. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La velocidad de diseño establece aquellos elementos de una carretera como curvatura, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los cuales dependerá la circulación segura de los vehículos. Aunque otros componentes del diseño, como el ancho de la vía, hombros y distancias a que deben de estar los muros y las restricciones laterales a la carretera, no dependen de la velocidad de diseño, se asume que a mayor velocidad

en el diseño tales componentes deben mejorarse dentro de límites prácticos y de compatibilidad con las mejoras que insinúa el cambio: (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003, pág. 34).

Distribución de las velocidades.

Tendencia de las velocidades.

Tipo de área.

Rural.

Urbana.

Condiciones del terreno.

Plano.

Ondulado.

Montañoso.

Volúmenes de tránsito.

Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias.

Condiciones ambientales.

Velocidades de ruedo: la velocidad de ruedo, que es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, se obtiene a través de la relación de la distancia recorrida a lo largo de un tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, sin incluirse las paradas, constituye un buen parámetro del servicio que dicha carretera brinda al usuario. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

La obtención de la velocidad promedio de ruedo donde el flujo del tránsito es relativamente sin interrupciones, puede llevarse a cabo por medio de la aplicación de conocidos procesos de ingeniería de tránsito para la velocidad y cálculo de la velocidad instantánea promedio de un punto específico de dicho tramo. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

En las carreteras con bajo volumen de tránsito, las velocidades promedio de ruedo se aproximan a las velocidades de diseño y pueden llegar a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas. A medida que los volúmenes de tráfico se incrementan, aumenta de igual forma la fricción entre los vehículos dentro de la corriente vehicular y se disminuyen perjudicialmente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los niveles de congestionamiento alcanzan volúmenes que, es muy importante evitar a toda costa en un proyecto vial. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

Drenajes menores en vías pavimentadas.

Los drenajes en carreteras son los que le proporciona mayor vida útil, puesto que dan lugar a que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle daños. La definición de alcantarilla pluvial dice que es un conducto que lleva agua a través del terraplén. (Pacheco, 1998).

Los drenajes son un paso bajo el nivel del pavimento para el agua y el tránsito vehicular pasa sobre este. La diferencia entre un alcantarillado y un puente, consiste en que la parte de arriba de una alcantarilla, por lo general, no forma parte del pavimento; por lo contrario, un puente es un eslabón del pavimento. Las alcantarillas pueden ser tubos, arcos y bóvedas. (Pacheco, 1998).

Consideraciones hidráulicas. Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es apropiado, es prioritario determinar los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o socava, es signo de que su capacidad no es suficiente, ni procura el servicio que depende de ella en beneficio del pavimento. (Pacheco, 1998).

Dentro del diseño de una alcantarilla debe procurarse que funcione a sección llena o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años. En caminos secundarios y poco transitados, el rebaso de aguas sobre el camino deba darse una vez cada varios años para que no tenga consideraciones serias, si el terraplén está protegido. Al tratarse de caminos mucho más transitados, la boca de entrada de agua debe ser tal, que quede sumergida en raras ocasiones y las aguas nunca deberán rebosar por encima de la carretera. (Pacheco, 1998).

Corriente de agua: se cuenta con dos tipos de flujo, laminar y turbulento, el que predomina por lo general es el último. En el caso del flujo turbulento, la resistencia del agua es drenada por medio del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla. (Steel & Terence, 2005).

La altura de presión que se necesita para vencer esta resistencia se llama pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de cargas en canales, que es el caso de las alcantarillas, viene dada por elevaciones diferentes de la superficie de agua entre los puntos considerados. También deben considerarse las pérdidas de entrada y salida de la tubería. (Steel & Terence, 2005).

Gradiente hidráulico: es una línea imaginaria que une los puntos hasta dónde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales. El gradiente hidráulico expresa la presión a lo largo de tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical que mide desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en ese punto, en canales, se evidencia que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua. (Steel & Terence, 2005).

Diseño hidráulico: el diseño hidráulico de un proyecto consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra en su entrada, para ella

un estudio previo es requerido, el cual abarca, entre otros, los siguientes aspectos: (Steel & Terence, 2005).

Precipitación pluvial.

Área, pendiente y formación geológica de la cuenca.

Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje.

Los métodos para el diseño hidráulico adecuado necesitan de ciertos datos básicos que incluyen: el coeficiente de escorrentía para la zona, el área de la cuenca y datos de pluviometría. Esto es prioritario para saber la cantidad de agua o descarga que pasará en un área determinada. (Steel & Terence, 2005).

Las estructuras de drenaje menor deben contar con la capacidad suficiente para transportar esta cantidad de agua. La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos, con la finalidad de evitar que el drenaje menor sea capaz de evacuar el agua y así detener cualquier azolvamiento, socavación o daño de pavimento; entre los métodos tenemos: (Steel & Terence, 2005).

Por medio de fórmulas: en estas son tomadas en cuenta el volumen de lluvia que cae, las dimensiones de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación del lugar. (Steel & Terence, 2005).

Formula de Talbot: proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Formula racional: en ésta fórmula el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca. (Steel & Terence, 2005).

Por medio de estructuras próximas y crecidas máximas marcas: en este caso puede ser una tubería o alcantarilla de al rededor, posicionada sobre la misma corriente, en este



caso solo basta con tomar las medidas de estas y con base a ellas deducir el diámetro necesario. (Steel & Terence, 2005).

También se puede determinar la descarga por las marcas que deja la corriente regular del agua, de estas se toma el nivel de crecida y se puede utilizar de 10% al 15% de la crecida normal para tener un margen aceptable, asimismo se pueden usar las crecidas extra-máxima, esta información generalmente la proporcionan vecinos de la zona. (Steel & Terence, 2005).

Requerimientos edáficos para aplicación de pavimento rígido.

En todo proyecto de aplicación de pavimento a realizar debe tenerse conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento debe basarse en los resultados de los ensayos de laboratorio realizados con material de suelo del lugar de la obra. Entre los más importantes están los ensayos de granulometría, Proctor y CBR. (Bolaños Barrios, 2007).

Ensayo de granulometría. El análisis granulométrico consiste en determinar los diferentes tamaños de grano presente en una masa dada. Para obtenerlos se debe conseguir la cantidad de material que pasa a través de un tamiz, con dimensiones de abertura dado, pero que se retiene en un siguiente tamiz cuyo filtro tiene aberturas ligeramente menores a la anterior. (Crespo Villalaz, 2004)

Este es relacionado con el volumen retenido en cada tamiz con el total de la muestra inicial atravesada en todos los tamices, lo cual es de muchos tamaños, la información obtenida del análisis granulométrico es presentada en forma de curva, los tamices son hechos de malla de metal, con aberturas rectangulares que van desde 101,6 mm el más grueso hasta el número 0,038 mm correspondiente al suelo fino. (Crespo Villalaz, 2004).

Límites de Atterberg: las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos son evaluadas mediante pruebas simples, las más comunes se denominan límites de consistencia o de Atterberg: (Crespo Villalaz, 2004).

Límite líquido. Es el contenido de agua del suelo tal para un material dado, este fija el estado casi líquido y el estado plástico, puede utilizarse para estimaciones de asentamientos en consolidación. Es también una medida de resistencia al corte del suelo con un contenido de humedad determinado. El procedimiento analítico para el cálculo de este límite se basa en la Norma AASTHO T-89 teniéndose como obligatorio hacerlo en muestras preparadas en húmedo.

Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El procedimiento analítico para calcular este límite está basado en la Norma AASTHO T-90. Determinar el límite plástico se requiere una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido.

Índice plástico. Es el más importante y el más usado. No es más que la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Señala el margen de humedades dentro de las cuales se halla en estado plástico, tal como lo describen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependerán de la calidad y tipo de arcilla. No obstante, el índice de plasticidad está sujeto, por lo general, a la cantidad de arcilla en el suelo. Si un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo se considera no plástico; al ser el índice plástico es menor de 7, el suelo se considera de baja plasticidad; también si el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se establece que el suelo es medianamente plástico; y al presentar un suelo con índices plástico mayor de 17 se identifica como altamente plástico.

Proctor. La compactación consiste fundamentalmente en compactar una muestra de suelo húmedo en un molde cilíndrico de cierto volumen y con una energía especificada de compactación. El procedimiento analítico para la determinar este límite se basa en la Norma AASTHO T-180 de Proctor modificado. La compactación dinámica se crea por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde cierta altura. (Crespo Villalaz, 2004).

El suelo es compactado en un número determinado de capas iguales, cada capa recibe una cantidad especificada de golpes, el cual consta de 3 capas de 25 golpes cada uno en un molde específico. (Crespo Villalaz, 2004).

La compactación en el quinto ensayo está basada en una combinación de presión estática y de vibración, luego de obtenerse resultados de las distintas iteraciones se lleva a cabo una gráfica de densidad seca vs. contenido de humedad. En la gráfica el pico define el contenido de humedad óptima, a la cual el suelo llega a la densidad máxima. (Crespo Villalaz, 2004).

CBR. El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), este mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo provee un número de la relación de soporte, no obstante, por las condiciones de humedad y densidad, se obvia que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el procedimiento de ensayo. El proceso analítico para la lograr determinar de este límite se basa en la Norma AASTHO T-193. (Crespo Villalaz, 2004).

En laboratorio comúnmente deberían ser compactados dos moldes de suelo, uno que penetre inmediatamente y otro para después de haberse saturado en agua por un período de 96 horas o más. (Crespo Villalaz, 2004).

Bajo una carga que aproxima al mismo peso del pavimento que se utilizará en el campo, pero en ninguna circunstancia menor que 4,5 kg. Durante este período al hacer los registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del lapso de saturación se lleva a cabo la penetración para lograr el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa. (Crespo Villalaz, 2004).

Estudios para implementación de pavimentos.

La construcción de infraestructura carretera moderna está relacionada de forma directa con el avance económico y logístico de un país. Aquí radica la importancia de que todos los estudios involucrados con su materialización se lleven a cabo por medio de estándares establecidos y siguiéndose las normas correspondientes. (VISE, 2018).

Por otro lado en lo que concierne a estudios de campo, tienen por objeto proporcionar a los ingenieros civiles, soluciones integrales para el desarrollo de la obra, los necesarios en cualquier proyecto carretero son los siguientes: (VISE, 2018).

Estudios de planeación. Se enfocan en evaluar los inventarios de recursos naturales e industriales de la zona, cálculos demográficos, tendencias del futuro económico, los estadísticos del tránsito actual y del que la infraestructura generará a futuro, así como en un estudio sobre la conveniencia o no conveniencia de la obra. (VISE, 2018).

Estudios socioeconómicos. Tiene una función social, penetración económica y por su desarrollo. Las primeras son aquellas que se construyen en regiones con cuyo potencial económico es escaso, y su función es simplemente comunicar; las segundas se dirigen a explotar la riqueza y el potencial de los recursos de la zona, y finalmente,

las terceras están enfocadas en mejorar los servicios para poblaciones con una actividad agrícola, industrial y turística importante, ya que son estas dinámicas por las que se necesitan obras de conectividad terrestre. (VISE, 2018).

Estudios topográficos. En estos se realiza un reconocimiento general de la zona en la cual se construirá la carretera, autopista, camino o puente, y el objetivo final es hacer un levantamiento topográfico. (VISE, 2018).

Al referirse a un reconocimiento topográfico se habla de analizar las condiciones generales del terreno en el que se ejecutará la obra, por lo tanto, se necesita considerar los trazos requeridos, así como los datos precisos de las curvas de nivel y las tangentes que integran dichos trazos. (VISE, 2018).

Estudios hidráulicos. Estos sirven principalmente para conocer el gasto máximo de agua en época de lluvias, y así tener muy claro en qué espacios es conveniente o necesario colocar alcantarillas para el agua corra durante la planeación de la obra y su posterior funcionamiento. (VISE, 2018).

Estudios de tránsito. Su finalidad es especificar las particularidades básicas de la infraestructura que se construye, por ejemplo, el número de carriles de tránsito de una carretera, los límites de velocidad ya en operación y tipos de vehículos que pueden pasar por ésta. (VISE, 2018).

Como ya se mencionó, en el estudio de tránsito se especifican las características básicas de la obra, considerar dichos aspectos es importante porque, generalmente más del 40% de los vehículos son pesados, de los que se trata en su mayoría de camiones de dos ejes, y de acuerdo con las condiciones del terreno, tanto el buen estado de la carretera como el tráfico de esta pueden verse afectados. (VISE, 2018).

Estudios de mecánica de suelos. Ayudan a conocer las peculiaridades del suelo donde se asentará la obra, así como de los materiales que se utilizarán para construir la

carpeta asfáltica. Estos facilitan información referente al grado de compactación del suelo. (VISE, 2018).

Normas de calidad para pavimentos.

Es necesario analizar normas internacionales como las que ha establecido la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes AASHTO por sus siglas en inglés, (American Association of State Highway and Transportation Officials), ya que tienen años de realizar estudios para optimizar mejoras es la consistencia de los pavimentos, esta es una organización que determina normas, publica especificaciones y realiza pruebas de protocolos y guías para el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. (Córdoba, 2019).

AASHTO es una empresa líder a nivel internacional en la implantación de estándares técnicos para todas las etapas del desarrollo de un sistema de vías terrestres. Distribuye normas para el diseño, construcción de carreteras y puentes, materiales y muchas otras áreas técnicas. Según el mismo órgano, sirve como un catalizador para la optimización en el transporte al ofrecer: soluciones inteligentes y prácticas adecuadas; información crítica, preparación y datos; asistencia técnica directa a los estados; y experiencia indiscutible. (Córdoba, 2019).

En Guatemala para la elaboración del estudio técnico se utilizan las normas técnicas COGUANOR, las normas internacionales AASHTO y ASTM Internacional las cuales son las que se dirigen a la elaboración del material y los ensayos pertinentes que se le deben realizar a elemento estructural de la carpeta de rodadura de concreto rígido. De igual manera se trabaja a través del Libro Azul de la Dirección General de Caminos, y se utilizaran las siguientes normas.

Cuadro 6. Resumen de normas de calidad para pavimentos.

Ensayos		Especificaciones	
Muestreo de agregados	AASHTO T 2 ASTM D 75	Agregado Grueso	501.03 (c) y 551.04 (c)*
Densidad Relativa y Absorción de Agregados	AASHTO T 84 y T 180 ASTM C127 y C128	Agregado Fino	501.04 (b) y 551.04 (b)*
Granulometría	AASHTO T 27 y T 11 ASTM C 136 y C 117	Aditivos para concretos Adhesivos para concreto	551.05 * 551.09 *
Materia orgánica en arena	AASHTO T 21 ASTM C 40	Materiales para juntas	501.03 (b) y 551.06*
Partículas friables y Terrones de arcilla	AASHTO T 112 ASTM C 142	Materiales para Curado	551.08 *
Partículas planas y Alargadas	ASTM D 4791	Agua Cemento Hidráulico	551.04 (d) * 501.03 (a) y
Abrasión	AASHTO T 96		551.04*
Estabilidad al Sulfato	ASTM C 131 ASTM C 535 AASHTO T 104	Acero de Refuerzo Barras de Sujeción	Sección 552* 501.03 (g) (2) *
de Sodio	ASTM C 88	Dovelas	501.03 (g) (3)
Muestreo de concreto	AASHTO T 141		y 552.03 (g) *
Fresco en el campo	ASTM C 172 NGO 41057	Clase y Resistencia del Concreto	501.03 (f) y 551.11 *
Asentamiento del	AASHTO T 119		

concreto	(ASTM C 143)		
Preparación de especímenes en el campo	AASHTO T 23 ASTM C 31 NGO 41061		
Ensayo de flexión carga tercios de la luz	AASHTO T 97 (ASTM C 78)		
Ensayo a la compresión	AASHTO T 22 (ASTM C 39)		
Toma y ensayo de testigos de concreto endurecido	AASHTO T 24 (ASTM C 42)		

Fuente: Córdoba, 2019.

#### Marco legal.

Al diseñar y construir caminos pavimentados se deben considerar las leyes que rigen en Guatemala su ejecución, este hecho ayudara en gran manera que se comentan errores que luego provoquen perdidas económicas o que interfieran en los tiempos de su construcción.

#### Código Municipal.

A continuación, se citan diversos artículos de manera literal que se deben considerar en conjunto con la comunidad en donde se llevará a cabo una obra de construcción.

**ARTÍCULO 68.** Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas.

**ARTÍCULO 70.** Competencias delegadas al municipio. El municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y los convenios



correspondientes, en atención a las características de la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del gobierno municipal, de conformidad con las prioridades de descentralización, desconcentración y el acercamiento de los servicios públicos a los ciudadanos. Tales competencias podrán ser, entre otras:

Construcción y mantenimiento de caminos de acceso dentro de la circunscripción municipal.

Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa. Fue emitido por el Presidente de la República de Guatemala, Jorge Ubico Castañeda el 5 de junio de 1942, a través de un Acuerdo Gubernativo. Es considerado en la actualidad una ley ordinaria específica en dicha materia; no obstante, el ordenamiento jurídico vigente determina que para que exista un Reglamento debe haber también una ley creada a través de los procedimientos establecidos previamente, en virtud de que los reglamentos desarrollan la competencia de la ley y establecen los procedimientos a seguir para la aplicación de la norma ordinaria. (Tipografía Nacional, 2000).

Fue creado con el objetivo de controlar y regular todo lo concerniente a los caminos y carreteras del país, señalándose las clases de caminos, las dimensiones que debían tener según su categoría y el espacio físico que debía de considerarse como el área de terreno paralela a la carretera a favor del Estado. (Tipografía Nacional, 2000).

En la actualidad, es posible encontrar varias leyes y reglamentos vigentes que se relacionan al sector vial y su infraestructura en el país, a continuación, son presentados de una manera muy sintetizada haciéndose énfasis en sus objetivos. (Pérez E. , 2007).

Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento: hace referencia a todas las normas para la ejecución de obras estatales en general. (Pérez E. , 2007).

Decreto 70 – 86 del Congreso de la República, Ley Preliminar de Regionalización: esta ley aprueba que todas las vías de acceso a las cabeceras municipales por la vía terrestre deben pavimentarse. (Pérez E. , 2007).

Ley de Tránsito y su Reglamento: hace referencia a la normativa para el tránsito vehicular y peatonal en la República de Guatemala. (Pérez E. , 2007).

Ley al Impuesto a los combustibles: hace referencia al impuesto a los carburantes para financiar el Fideicomiso del Fondo Vial, todo con la intención de mejorar y conservar de la red vial del país. (Pérez E. , 2007).

Código Municipal: En su Artículo 68 Competencias Municipales, proporciona autoridad a las municipalidades para construir y dar mantenimiento a la red de tránsito municipal, así como la pavimentación de las vías públicas urbanas y su mantenimiento. (Pérez E. , 2007).

Ley de Minería y su Reglamento: se refiere a la explotación de minerales y otros materiales, se relaciona en la obtención de pasos de servidumbre para las zonas de explotación.

Decreto 529 del Congreso de la República, Ley de Expropiación: hace referencia a expropiar las áreas consideradas de utilidad nacional, esto debido a lo difícil de la obtención del derecho de vía.

Acuerdo Gubernativo 1084 – 92, Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones: en esta se definen los vehículos automotores autorizados para transitar en el territorio nacional.

Reglamento del Derecho de Vía: hace referencia a las disposiciones específicas de las franjas de terreno paralelas a la red vial para su futura remodelación o ampliación, basadas en las secciones típicas establecidas por la DGC.

Decreto 41 – 2005 del Congreso de la República, Ley del Registro de Información Catastral (RIC): hace referencia al registro de la propiedad, que incluye el derecho de vía de la red vial.

Puede determinarse que existen leyes y reglamentos que son de gran utilidad para la gestión vial en la República de Guatemala, no obstante, es un objetivo no alcanzado, ya que toda la actuación se desarrolla con carácter individual, al no existir bases legales más amplias con las que se pueda coordinar toda la aplicación en base a la legislación vigente.

### III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la comprobación de la hipótesis “el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta”; se identificaron dos poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo.

De estas, una población (habitantes de la zona) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo con la fórmula de Taro Yamane por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error.

La segunda población de estudio (técnicos y autoridades comunales) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 75 jefes de hogares de las zonas de estudio; para responder causa, se identificaron a siete elementos, entre profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (D.M.P.) y miembros de COCODES de las comunidades.

De la gráfica dos a la cuatro se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica cinco a la siete, se comprueba la variable X o causa.

Se hace la observación que con la gráfica 2 se comprueba la variable dependiente; y, con la gráfica 5 se comprueba la variable independiente, contenidas en la hipótesis de trabajo formulada.

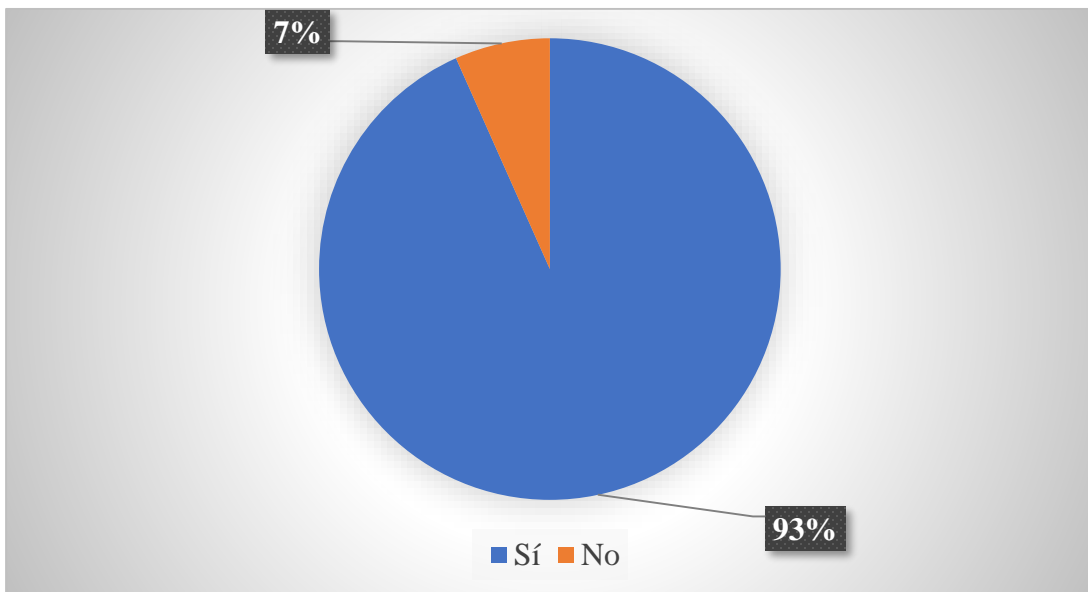
Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

Cuadro 7: Personas que consideran que existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	70	93
No	05	07
TOTALES	75	100

Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 2: Personas que consideran que existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.



Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

#### Análisis:

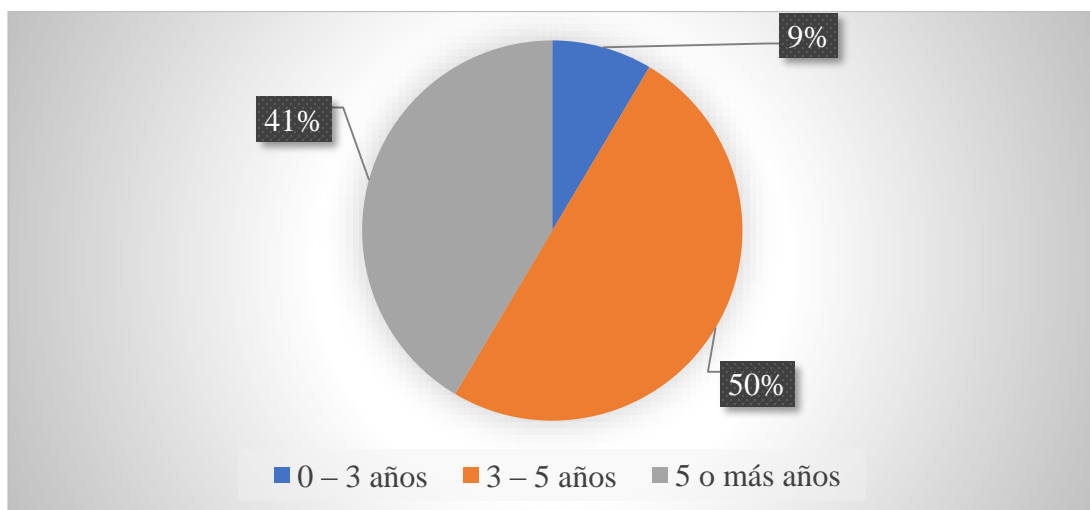
El efecto se confirma mediante la opinión de la mayoría de los encuestados, al indicar que, si existe incremento en la cantidad de accidentes vehiculares y peatonales sobre la ruta del área de estudio, lo que afecta la calidad de vida de los conductores y peatones. Mientras que la minoría de ellos, indica lo contrario.

Cuadro 8: Tiempo presentándose incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 3 años	07	09
3 – 5 años	41	50
5 o más años	34	41
TOTALES	75	100

Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 3: Tiempo presentándose incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio.



Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

#### Análisis:

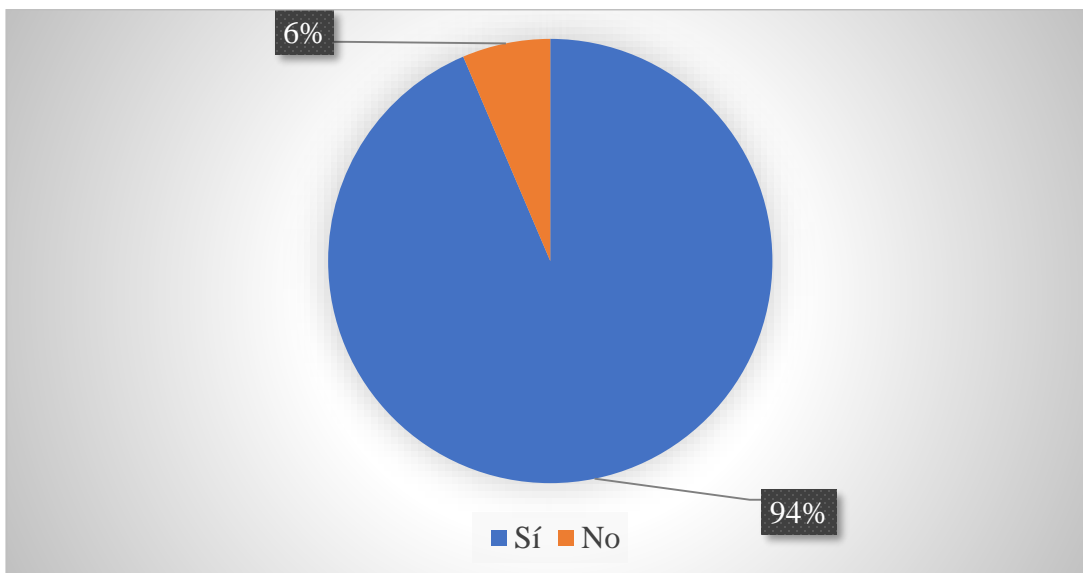
La mayor parte de los encuestados indican que el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta de estudio se han percibido desde hace 3 a 5 años aproximadamente, por su parte, el segundo grupo mayoritario consideran que esta situación lleva entre cinco y más años percibiéndose, por último, el grupo minoritario señala que no se ha presentado aumento o este no supera los tres años; con estos datos se comprueba el efecto al determinar un tiempo de ocurrencia.

Cuadro 9: Mal estado de la carretera como potenciador del incremento de accidentes vehiculares y peatonales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	73	94
No	02	06
TOTALES	75	100

Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 4: Mal estado de la carretera como potenciador del incremento de accidentes vehiculares y peatonales.



Fuente: Jefes de hogares encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

**Análisis:**

El grupo mayoritario de los encuestados señalan el mal estado de la carretera como un factor que provoca accidentes vehiculares y peatonales en la ruta de la zona de estudio, por otro lado, una mínima parte de estos consideran que hay otros factores más determinantes en el aumento de percances; con esta información se valida el efecto planteado al mostrarse un factor clave para su existencia.

Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o la causa.

Cuadro 10: Existencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	07	100
TOTALES	07	100

Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 5: Existencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.



Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

#### Análisis:

La causa se confirma de manera directa por medio de la opinión de la totalidad de los profesionales y autoridades encuestados, los cuales indican que no se cuenta con un plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de la zona de estudio.

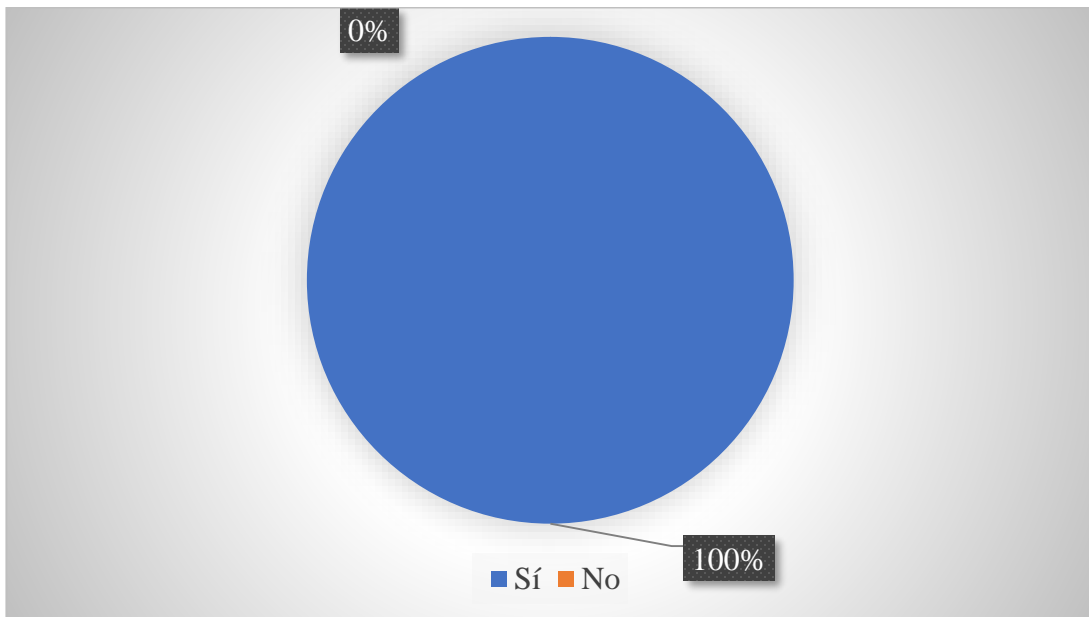


Cuadro 11: Necesidad de implementar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	07	100
No	00	00
TOTALES	07	100

Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 6: Necesidad de implementar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.



Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

**Análisis:**

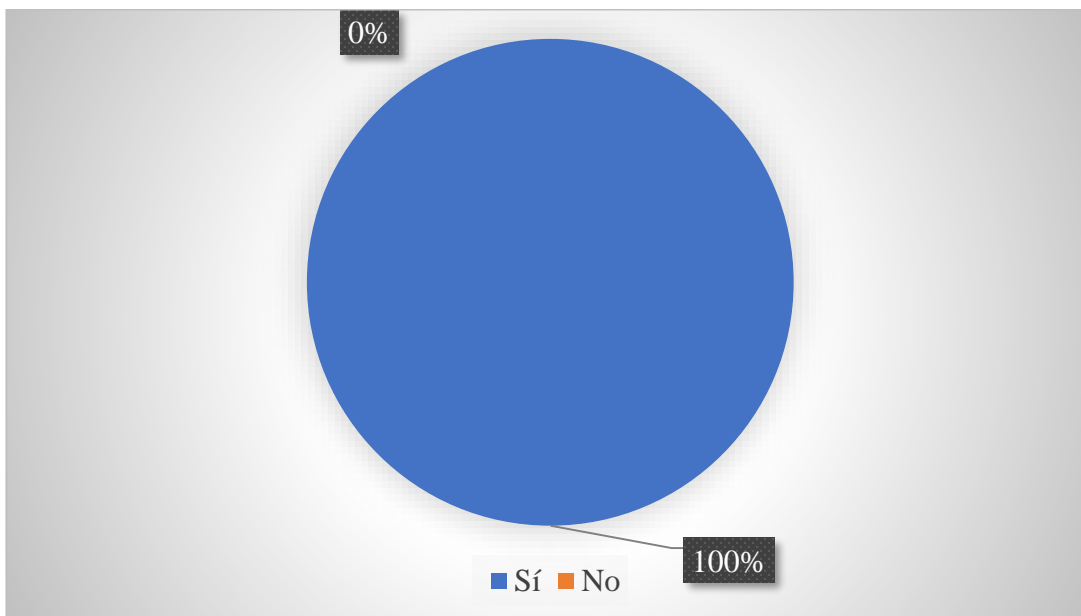
El total de técnicos y autoridades comunales encuestados aseguran que es absolutamente necesaria la implementación de un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de la zona de estudio, con esta información se evidencia la falta de este plan, por lo que se da validez a la causa.

Cuadro 12: Apoyo a la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	07	100
No	00	00
TOTALES	07	100

Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

Gráfica 7: Apoyo a la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.



Fuente: Técnicos y autoridades comunales encuestados Aldea Xepón Grande Malacatancito Huehuetenango, junio 2022.

#### Análisis:

De forma unánime los técnicos y autoridades comunales encuestados manifiestan su apoyo dentro de sus posibilidades a la implementación de un proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de la zona de estudio, con esta información se da validez a la causa nuevamente, puesto que se muestra un apoyo a la posibilidad de exista el plan.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

##### Conclusiones.

La investigación que se realizó en la ruta de la zona de estudio, con jefes de hogares, técnicos municipales y autoridades comunitarias; fue orientada para confirmar la hipótesis. Al considerar los resultados obtenidos en la tabulación presentada en el capítulo anterior sobre la investigación, se enlistan las siguientes conclusiones.

1. Se comprueba la hipótesis planteada: el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta; con el 90% de confianza y 9.5% de error para la variable efecto, así como 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable causa.
2. Los accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio no han disminuido.
3. El incremento en accidentes vehiculares y peatonales en la ruta del área de estudio se han percibido desde hace cinco años aproximadamente.
4. El estado de los elementos viales de la ruta en el área de estudio no es óptimo por los que el paso vehicular y peatonal es inseguro.
5. No se cuenta con un plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

6. No se ha aprovechado la proactividad de los técnicos y autoridades comunales en pro de la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

#### Recomendaciones.

Los datos obtenidos a través de la investigación en la zona de estudio arrojan incremento de accidentes vehiculares y peatonales por mal estado de la ruta, provocado por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial, por tanto, que se recomienda emplear las sugerencias descritas a continuación.

1. Ejecutar la propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.
2. Impulsar estrategias de remozamiento de infraestructura vial para detener el aumento de accidentes vehiculares y peatonales.
3. Resolver las deficiencias infraestructurales que han permitido el aumento de accidentes vehiculares y peatonales en el área durante los último cinco años.
4. Mejorar las condiciones los elementos viales de la ruta en el área de estudio para hacer más seguro el tránsito vehicular y peatonal.
5. Promover el desarrollo adecuado de un plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

6. Aprovechar la proactividad de los técnicos y autoridades comunales en pro de la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de estudio.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Abbas, A., Hefny, A., & Abu-Zidan, F. (2011). Seatbelts and road traffic collision injuries. Sidney, Australia: World J Emerg Surg.
2. Albala-Bertrand, J. (2003). The Impact of Public Infrastructure on the Productivity of the Chilean Economy. London, UK: University of London.
3. Aristizabal, J. (2000). Estructuras de vigas sobre suelos elásticos de rigidez variable. Buenos Aires, Argentina: Rev. Int.
4. Banco Mundial. (1994). Informe sobre el desarrollo mundial: infraestructura y desarrollo. Washington, US: Oxford University Press.
5. Banco Mundial. (2014). Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III). Ginebra, Suiza: BM.
6. Barss, P., Smith, G., Baker, S., & Mohan, D. (1998). Injury Prevention: An International Perspective. New York City, US: Oxford University Press.
7. Bartl, G., & Hager, B. (2006). Car accident cause analysis. Chicago, USA: Institut Gute Fahrt.
8. Begault, D. (2017). Head-up auditory displays for traffic collision avoidance system advisories: A preliminary investigation. Amsterdam, Holland: Ergonomics Society.
9. Bolaños Barrios, W. (2007). Guía teórica y práctica del curso de pavimentos. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
10. Caminos, & CIV, M. d. (Enero de 2021). Gobierno de Guatemala. Obtenido de Reformulación y actualización del Plan de Desarrollo Vial 2018-2032:

<https://www.caminos.gob.gt/Descargas/Otros/Plan%20de%20Desarrollo%20Vial%202018%20-%202032.pdf>

11. Canning, D. (1999). A Database of World Infrastructure Stocks. Washington DC. US: World Bank.
12. Cárdenas, J. (2013). Diseño geométrico de las carreteras. Bogotá, Colombia: ECO.
13. Carrazana Gómez, R., & Rubio Casanovas, M. (1997). Técnicas básicas de construcción. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
14. Carreteras Panamericanas. (18 de Agosto de 2017). Carreteras PAN-AMERICANAS. Obtenido de Carreteras en Guatemala se encuentran en mal estado: <https://www.carreteras-pa.com/noticias/carreteras-guatemala-se-encuentran-mal-estado/>
15. Castañeda, V. A. (2011). Rehabilitación de Carreteras Utilizando Asfalto Espumado, Reciclando el Pavimento Asfáltico Existente. Ciudad de Guatemala; Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
16. Chinchilla, C. (2017). Manual de Mantenimiento y Operación de un Pavimento. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. CIEN. (2011). Infraestructura en Guatemala. Lineamientos de Política Económica, Social y de Seguridad 2012-2020. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Centro de Investigaciones Económicas Nacionales.
18. CIV-DGC. (2007). Reformulación y actualización del Plan de Desarrollo Vial 2008-2017. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Euroestudios.

19. Córdoba, D. (23 de Junio de 2019). Arkin. Obtenido de Estándar de calidad en pavimentos: <https://arkin.mx/estandar-de-calidad-en-pavimentos/>
20. Crespo Villa, C. (1999). Mecánica de suelos y cimentaciones. México, México: Limusa.
21. Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. México, México: Limusa.
22. de Rus, G. (2003). Economía del transporte. Barcelona, España: Antoni Bosch Editor.
23. Dirección General de Caminos, & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas. (2008). Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala, Guatemala: Gobierno de Guatemala.
24. Ecoasfalt. (18 de Septiembre de 2016). ECOASFALT. Obtenido de Consecuencias del asfalto en mal estado de conservación: <https://www.ecoasfalt.es/noticias/consecuencias-del-asfalto-en-mal-estado-de-conservacion/#:~:text=Una%20carretera%20en%20mal%20estado,educaci%C3%B3n%20y%20la%20cohesi%C3%B3n%20regional.&text=El%20mal%20estado%20de%20una,que%20no%20se%20ven%20etc.>
25. Escobal, J., & Ponce, C. (2002). El beneficio de los caminos rurales: ampliando oportunidades de ingreso para los pobres. Lima, Perú: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).
26. García López, S. (16 de Mayo de 2004). Biblioteca Virtual USAC. Obtenido de Diseño de pavimento rígido del barrio Colombita de la ciudad de Coatepeque, Quetzaltenango: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_0033.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0033.pdf)



27. Gardey, A., & Pérez, J. (13 de Marzo de 2008). Definición.de. Obtenido de Definición de Accidente: <https://definicion.de/accidente/>
28. Gonzalez Gonzalez, J. (2011). Criminología vial. Un nuevo enfoque multidisciplinar. Buenos Aires, Argentina: Alfa.
29. Gordon, K., & James, S. (13 de Septiembre de 2004). Obtenido de Ingeniería de Caminos Rurales: Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb4.pdf>
30. Gordon, K., & Sherar, J. (2013). Ingeniería de los Camino Rurales: Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales. Madrid, España: Mundi Prensa.
31. Gwiazda, M. (17 de Mayo de 2007). GAMASI. Obtenido de Acidentologia: <https://www.redproteger.com.ar/biblioteca/accidente/17.pdf>
32. Hernández, M., Valdés, F., & García, E. (2007). Lesiones no intencionales. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas.
33. IARNA, I. d. (23 de Junio de 2013). Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Obtenido de Manual para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión y adaptación a la variabilidad y al cambio climático: <http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/USAID/Finales%20PRS/Manual%20de%20caminos%20rurales.pdf>
34. Ingenieros Consultores de Centro América. (2001). Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones.

35. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A. (2003). Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.
36. INTI, I. (15 de Mayo de 2011). Gobierno de Argentina. Obtenido de Estabilización de caminos de ripio y control de polvo ambiental mediante la aplicación de lignosulfonato de sodio diluido: [http://www.inti.gov.ar/comunicaciones/pdf/logros\\_22.pdf](http://www.inti.gov.ar/comunicaciones/pdf/logros_22.pdf)
37. Iturbide, J. C. (2002). Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos. Mexico: Chiguagua.
38. López López, J. (2009). Manual de cursos de pavimentación. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
39. López, J. (28 de Diciembre de 2021). TeleSur TV. Obtenido de Guatemala registra 2.126 muertes por accidentes viales en 2021: <https://www.telesurtv.net/news/guatemala-registra-muertes-accidentes-viales-20211228-0027.html>
40. Macri, F. (2014). Manual de carreteras: Diseño geométrico. Lima, Perú: Editorial Macro.
41. Madenci, E., & Ibrahim, G. (2006). The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS. New York, EE.UU.: Springer.
42. Marhnos. (17 de Febrero de 2022). Marhnos Mx. Obtenido de Infraestructura vial para para el desarrollo sostenible de Guatemala: <https://www.marhnos.com.mx/amp/nota/infraestructura-vial-para-para-el-desarrollo-sostenible-de-guatemala>

43. Medina Fajardo, C. (2008). Diseño de pavimento del tramo carretero de la aldea Laguna Seca hacia la aldea El Durazno y diseño de las instalaciones del instituto por cooperativa de la aldea Las Trojes municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
44. Moaveni, S. (2003). Finite Element Analysis, Theory and Application with Ansys. Berlin, Alemania: Prentice Hall.
45. Morales, J. (30 de Diciembre de 2021). AGN (Agencia Guatemalteca de Noticias). Obtenido de Departamento de Tránsito reporta más de 5 mil accidentes durante 2021: <https://agn.gt/departamento-de-transito-reporta-mas-de-5-mil-accidentes-durante-2021/>
46. Nam, J., Kim, D., Choi, S., & Won, M. (2007). Variation of crack width over time in continously reinforced concrete pavement. Tokio, Japón: Research Record.
47. Nombela, G. (2003). Economía del transporte. Barcelona, España: Antoni Bosch Editor.
48. Orozco, G. (30 de Abril de 2016). Prueba de Ruta. Obtenido de Partes de la vía: <https://www.pruebaderuta.com/partes-de-la-via.php>
49. Pacheco, A. (1998). El control del agua en el diseños de pavimentos. México: Limusa.
50. Paz Stubbs, A. (2000). Pavimentos, tipo y usos. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
51. Pérez, E. (14 de Mayo de 2007). Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de Fundamentos Técnicos de la Ley de Vialidad:

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5010/1/Erick%20Ricardo%20Perez%20Merida.pdf>

52. Pérez, L. (2016). ¿Tráfico o tránsito? Dudas del idioma. Guatemala, Guatemala: Universidad Francisco Marroquín.
53. Quintana, J. (2013). Pavimento de concreto estructuralmente reforzado. Puebla, México: Ingeniería Civil Issue.
54. Rios, R. (21 de Septiembre de 2018). Scribd. Obtenido de Infraestructura Vial: <https://es.scribd.com/document/389102193/Infraestructura-Vial>
55. Robertson, L. (2015). Injury Epidemiology: Fourth Edition. Manchester, UK: Nanlee.
56. Rodríguez, A. (2015). Gestión de la infraestructura vial. Barranquilla, Colombia: Mundi Reportes.
57. Siebold, G. (2005). Manual Centroamérica de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales. Panamá, Panamá: SIECA.
58. Steel, E., & Terence, J. (2005). Alcantarillados, drenajes y pavimentación. Barcelona, España: Gustavo Pili S.A.
59. Tabasso, C. (2009). Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial. Santiago de Chile: PP.
60. Taylor, G., Easter, K., & Hegney, R. (2006). Mejora de la salud y la seguridad ciudadana. Madrid, España: Elsevier.
61. Tipografía Nacional. (2000). Recopilación de Leyes de la República. Guatemala, Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.

62. Torres, C. (19 de Febrero de 2021). Yo Amo Escuintal. Obtenido de ¿Cuáles son las consecuencias del mal estado de las carreteras para los transportistas y la población?: <https://yoamoescuintla.com/cuales-son-las-consecuencias-del-mal-estado-de-las-carreteras-para-los-transportistas-y-la-poblacion/>
63. Vásquez, A., & Bendezú, L. (01 de Septiembre de 2008). Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Obtenido de Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico de Perú: <https://cies.org.pe/sites/default/files/files/diagnosticoypropuesta/archivos/dyp-39.pdf>
64. VISE. (27 de Julio de 2018). VISE. Obtenido de Estudios de campo para construir una obra carretera: <https://blog.vise.com.mx/estudios-de-campo-para-construir-una-obra-carretera>
65. Woom, M. (2008). Improvements of testing procedures for concrete coefficient of thermal expansion. Tokio, Japón: Research Record.

## ANEXOS.

### Anexo 1. Modelo de investigación y proyectos: dominó.

#### *Modelo de investigación y proyectos: Dominó*

*(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)*

Elaborado por: Aníbal Alfredo Zarat Vicente Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 14/11/2022.

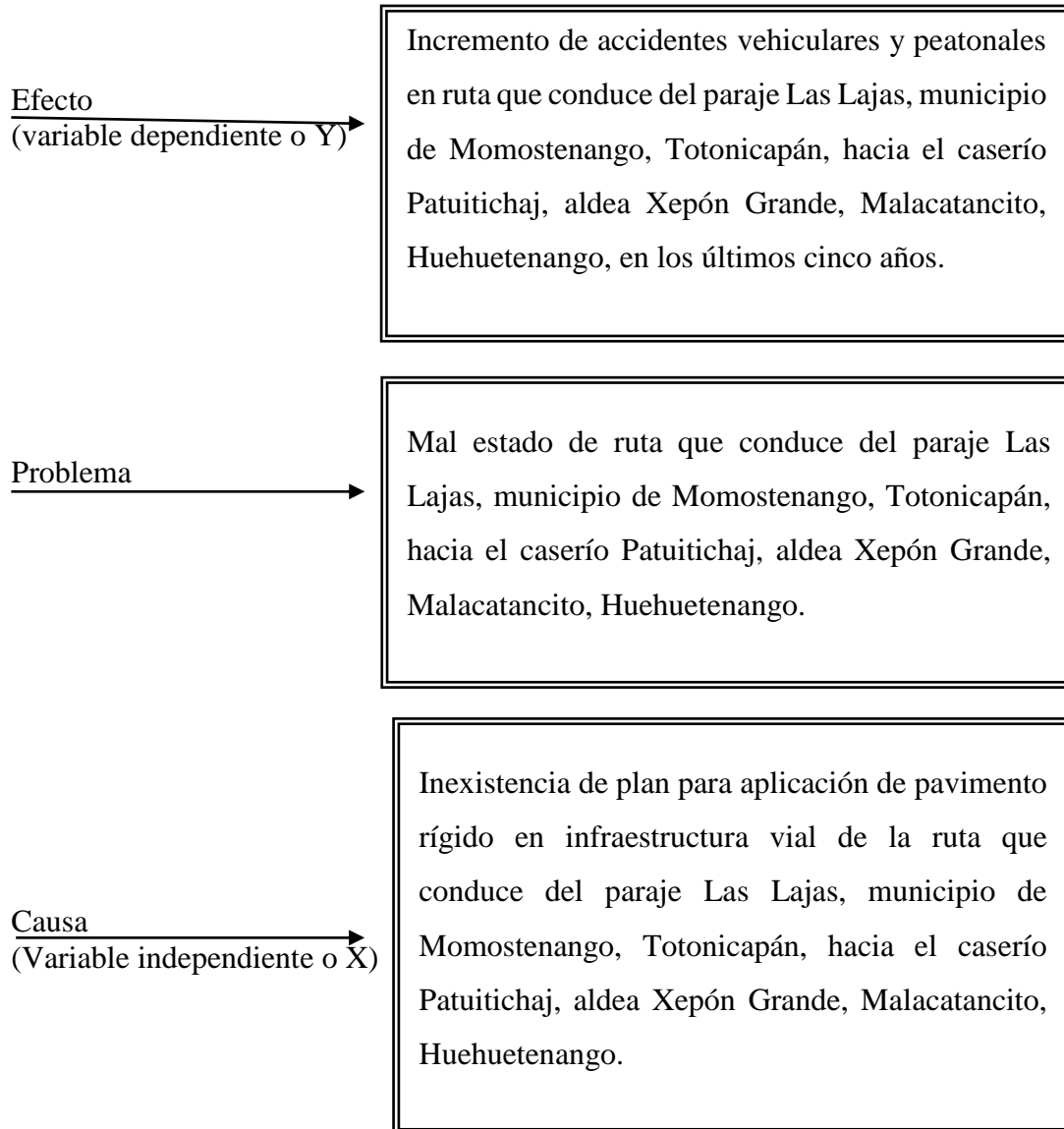
Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años.	4) Objetivo general Disminuir accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al primer año de la implementación del proyecto, se disminuyen los accidentes, en 80%. Verificadores: Registros de la DMP, entrevistas a los habitantes, informes de la unidad ejecutora.
2) Problema central Mal estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.	5) Objetivo específico Mejorar el estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.	Supuestos: COVIAL implementa con el apoyo de la unidad ejecutora, el programa de vigilancia vial dirigido a conductores para evitar accidentes. Cooperante: COVIAL.
3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.	6) Nombre PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año de la implementación del proyecto, se mejora el estado de la ruta en 90%. Verificadores: informes de la DMP, fotografías, entrevistas a los habitantes.
7) Hipótesis Hipótesis causal: El incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta. Hipótesis interrogativa: ¿Es la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en	12) Resultados o productos R1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora. R2: Se dispone de propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.	Supuestos: La DMP implementa el plan de mantenimiento permanente a la nueva ruta.

<p>infraestructura vial; la causante del incremento de accidentes vehiculares y peatonales, por mal estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años?</p>	
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto  1. ¿Existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango? Sí___ No___  Será dirigida a jefes de hogares de: caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango; y, paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán.  Boletas 75, población infinita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 9.5% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p style="text-align: center;"><u>Es optativo para licenciaturas</u></p>
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal  1. ¿Existe plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango? Sí___ No___  Dirigidas a técnicos de DMP de la municipalidad, de Malacatancito, Huehuetenango; COCODES de ambos lugares.  Boletas 7, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	
<p>10) Temas del Marco Teórico  1. Accidentes. 2. Accidentes en rutas vehiculares. 3. Infraestructura vial. 4. Caminos rurales. 5. Carretera de terracería. 6. Mal estado de las carreteras. 7. Mantenimiento de carreteras. 8. Pavimento rígido.  9. Legislación relacionada al tema.</p>	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilizar la tabla de contenidos por orden para elaborar la tesis (<a href="https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2020/01/tabla-de-contenidos-por-orden.pdf">https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2020/01/tabla-de-contenidos-por-orden.pdf</a>)</li> <li>— Utilizar normas APA sexta edición para citas, y bibliografía.</li> <li>— No utilizar gerundios.</li> <li>— Redactar en tercera persona.</li> <li>— Puede utilizar la biblioteca virtual que está en la página de la Universidad.</li> <li>— Puede utilizar el modelo para elaborar la metodología que está en la página de la Universidad.</li> <li>— Desde introducción hasta recomendaciones del tomo I, debe haber mínimo 75 páginas</li> <li>— En el anexo 1 del tomo II, desarrollar ocho (8) actividades por cada resultado.</li> </ul>
<p>11) Justificación  El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.</p>	

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Árbol de problemas.

Tópico: Mal estado de ruta





Hipótesis causal:

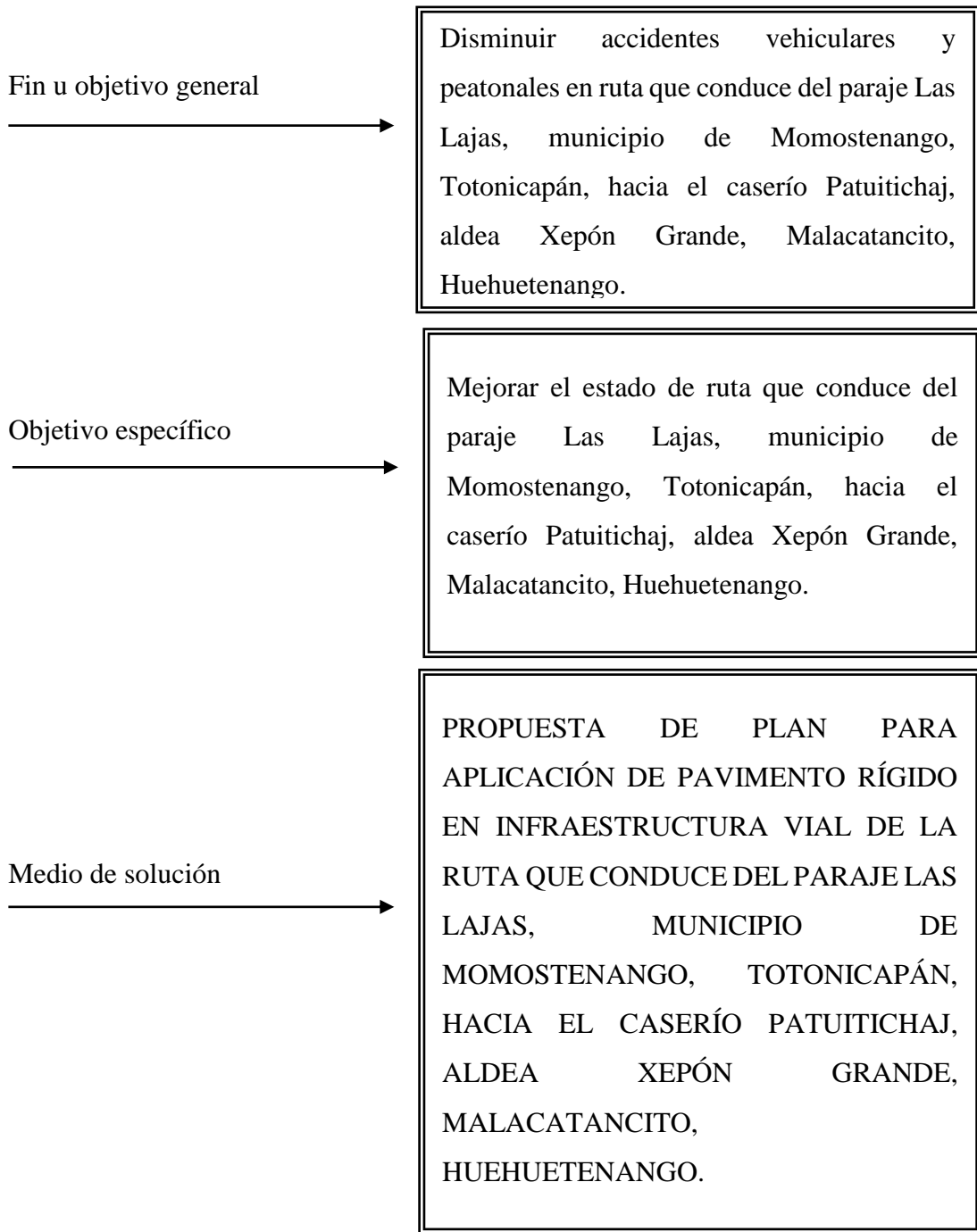
El incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta.

Hipótesis interrogativa:

¿Es la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial; la causante del incremento de accidentes vehiculares y peatonales, por mal estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años?

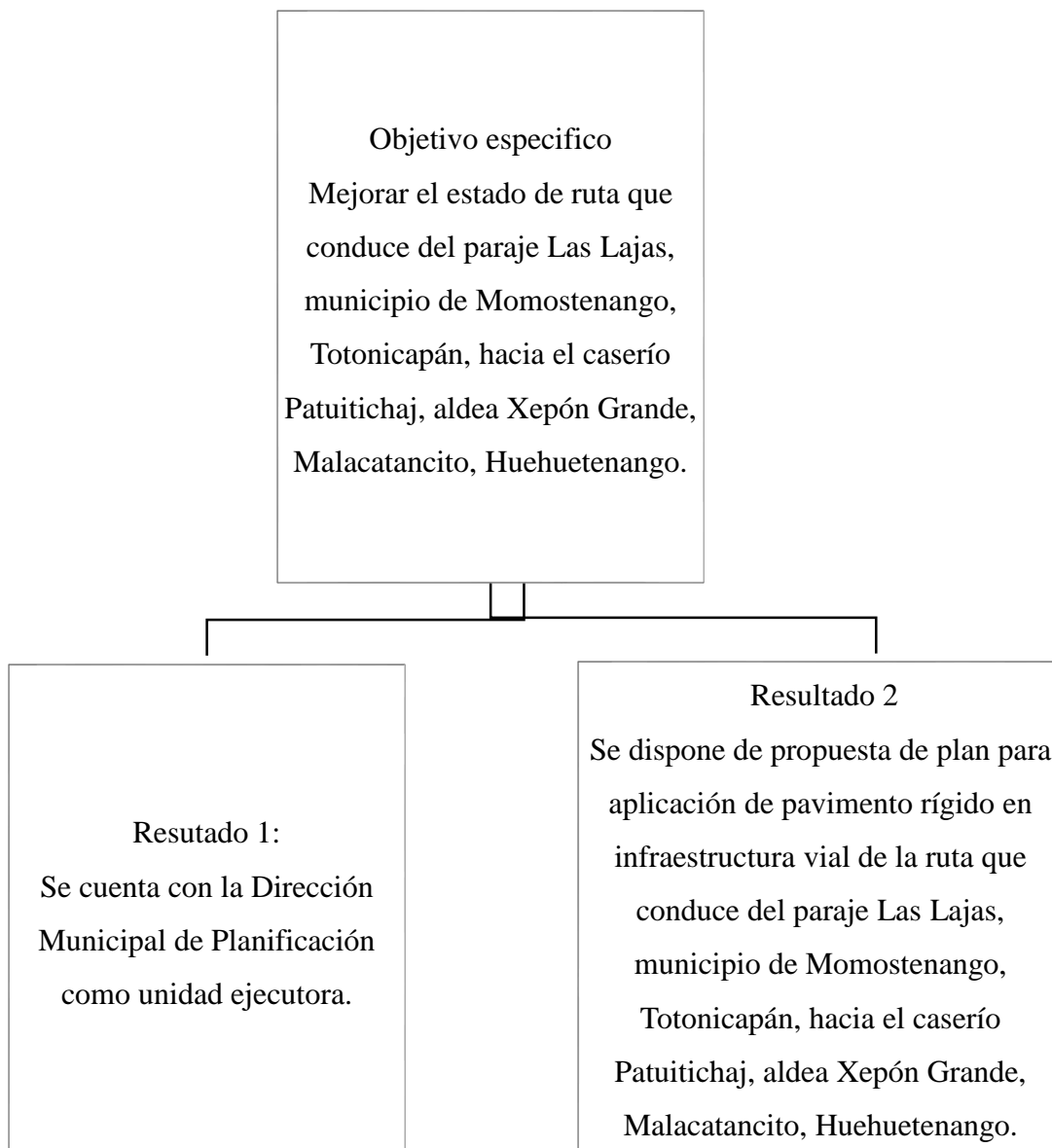
Árbol de objetivos.

En función de dar solución a la problemática planteada, se describen los siguientes objetivos.



Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.

Con la finalidad de proporcionar a los pobladores afectados una solución para reducir la cantidad de accidentes vehiculares y peatonales en ruta de la zona de estudio, se plantea la siguiente propuesta de solución a la problemática identificada:



Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: Incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años.

Esta boleta está dirigida a jefes de hogares de: caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango; y, paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán; con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error, por el sistema de población infinita cualitativa.

Instrucciones: Marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Desde hace cuánto existe incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango?

2.1 0 - 3 años \_\_\_\_\_

2.2 3 - 5 años \_\_\_\_\_

2.3 5 o más años \_\_\_\_\_

3. ¿Cree que el mal estado de la ruta provoca accidentes vehiculares y peatonales?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: Inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Esta boleta censal está dirigida a técnicos de DMP de la municipalidad, de Malacatancito, Huehuetenango; COCODES de ambos lugares; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: Marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Existe plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

2. ¿Considera necesaria la implementación del proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3. ¿Apoyaría la implementación del proyecto para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población de la variable efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error; lo anterior debido a que es población infinita cualitativa compuesta por jefes de hogares de: caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango; y, paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, de los cuales se obtuvo 75 elementos para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico de la muestra mediante la fórmula Taro Yamane.

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$$

Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z <sup>2</sup> =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
1-p	0.5	
e =	0.095	
e <sup>2</sup> =	0.009025	
Z <sup>2</sup> p (1-p) =	0.6765063	
n =	74.959141	Muestra

Para comprobar la variable causa se trabajó con la totalidad de la población, la cual está compuesta por siete técnicos de DMP de la municipalidad de Malacatancito, Huehuetenango; así como COCODES de ambos lugares.



Anexo 7. Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a la cantidad de accidentes vehiculares y peatonales en ruta de la zona de estudio.

Requisito.  $\pm > 0.80$  y  $\pm < 1$

Año	X (años)	Y (incremento de accidentes vehiculares y peatonales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	2	2.00	1	4.00
2018	2	4	8.00	4	16.00
2019	3	6	18.00	9	36.00
2020	4	7	28.00	16	49.00
2021	5	13	65.00	25	169.00
Totales	15	32	121.00	55	274.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	121
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	274.00
$\sum Y =$	32
$n \sum XY =$	605
$\sum X * \sum Y =$	480
Numerador=	125
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum Y^2 =$	1370.00
$(\sum Y)^2 =$	1024.00
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
$n \sum Y^2 - (\sum Y)^2 =$	346
$(n \sum X^2 - (\sum X)^2) * ($	17300.00
Denominador:	131.5294644
r=	<b>0.950357402</b>

Fórmula:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) * (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis:

Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.95$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 8. Proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (incremento de accidentes vehiculares y peatonales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	2	2.00	1	4.00
2018	2	4	8.00	4	16.00
2019	3	6	18.00	9	36.00
2020	4	7	28.00	16	49.00
2021	5	13	65.00	25	169.00
Totales	15	32	121.00	55	274.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	121
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	274.00
$\sum Y =$	32
$n \sum XY =$	605
$\sum X * \sum Y =$	480
Numerador de b:	125
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	2.5
Numerador de a:	
$\sum Y =$	32
$b * \sum X =$	37.5

Fórmulas:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

Numerador de a:	-5.5
a=	-1.1

Cálculo de proyección anual sin propuesta de solución.

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2022)=	A	+	(b * X)	
Y(2022)=	-1.1	+	2.5	X
Y(2022)=	-1.1	+	2.5	6

Y(2022)=	13.9		
Y(2022)=	14 accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$			
Y(2023)=	A	+	(b * X)
Y(2023)=	-1.1	+	2.5 X
Y(2023)=	-1.1	+	2.5 7
Y(2023)=	16.4		
Y(2023)=	16 accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$			
Y(2024)=	A	+	(b * X)
Y(2024)=	-1.1	+	2.5 X
Y(2024)=	-1.1	+	2.5 8
Y(2024)=	18.9		
Y(2024)=	19 accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$			
Y(2025)=	A	+	(b * X)
Y(2025)=	-1.1	+	2.5 X
Y(2025)=	-1.1	+	2.5 9
Y(2025)=	21.4		
Y(2025)=	21 accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$			
Y(2026)=	A	+	(b * X)
Y(2026)=	-1.1	+	2.5 X
Y(2026)=	-1.1	+	2.5 10
Y(2026)=	23.9		
Y(2026)=	24 accidentes viales y peatonales		

Proyección con proyecto.

Esto se realiza para identificar el comportamiento de la problemática si se ejecutara la presente propuesta.

Fórmula:

Y(2022) = Año anterior – Porcentaje de resolución propuesto.

Cálculos por año.

Y (2022)	=	Y(2021)	–	11%	=
Y (2022)	=	13	–	1.43	11.57
Y (2022)	=	12 accidentes viales y peatonales			

Y (2023)	=	Y(2022)	–	14%	=
Y (2023)	=	12	–	1.68	10.32
Y (2023)	=	10 accidentes viales y peatonales			

Y (2024)	=	Y (2023)	–	17%	=
Y (2024)	=	10	–	1.70	8.30
Y (2024)	=	8 accidentes viales y peatonales			

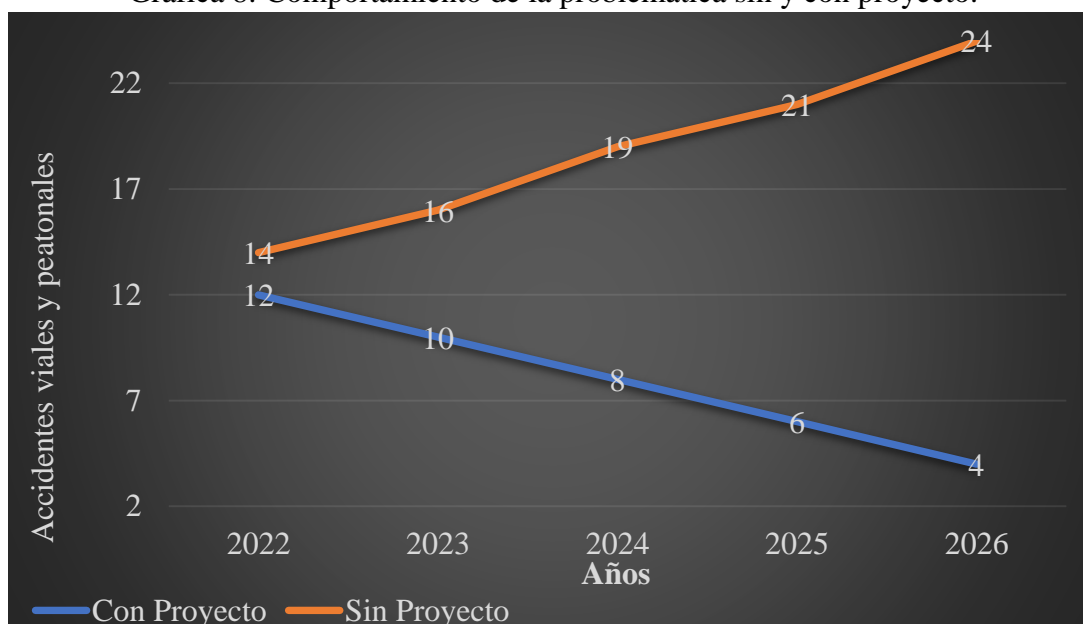
Y (2025)	=	Y (2024)	–	24%	=
Y (2025)	=	8	–	1.92	6.08
Y (2025)	=	6 accidentes viales y peatonales			

Y (2026)	=	Y (2025)	–	34%	=
Y (2026)	=	6	–	2.04	3.96
Y (2026)	=	4 accidentes viales y peatonales			

Cuadro 13: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	14 accidentes viales y peatonales	12 accidentes viales y peatonales
2023	16 accidentes viales y peatonales	10 accidentes viales y peatonales
2024	19 accidentes viales y peatonales	8 accidentes viales y peatonales
2025	21 accidentes viales y peatonales	6 accidentes viales y peatonales
2026	24 accidentes viales y peatonales	4 accidentes viales y peatonales

Gráfica 8: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis:

Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación de la propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta de la zona de estudio, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Aníbal Alfredo Zarat Vicente

TOMO II

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Ambiental Pablo Ismael Carbajal Estévez

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Aníbal Alfredo Zarat Vicente

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería  
Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.



Informe final de graduación.

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN  
INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS  
LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL  
CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE,  
MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023.

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciado en Ingeniería Civil con Énfasis  
en Construcciones Rurales.

## Prólogo.

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con elementos de diferentes instituciones viales, así como profesionales de la municipalidad del área.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.

Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.

Proponer una solución práctica basada en los conocimientos de ingeniería civil adquiridos en las clases universitarias.

El propósito fundamental de la presente investigación es mejorar la transitabilidad de la ruta que conecta las zonas de estudio, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

## Presentación.

Este trabajo de graduación del nivel de licenciatura se presenta con el título: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, Aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar sobre el estado de la ruta que conecta las áreas de estudio.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el aumento de los accidentes vehiculares y peatonales por mal estado de la carretera como consecuencia principal de faltar un plan para aplicación de pavimento rígido.

Como medio para solucionar la problemática se concretaron estrategias que orienten y guíen correctamente a las autoridades correspondientes en función de la implementación de un proyecto de obra civil para mejorar las condiciones de la ruta al aplicar pavimento rígido en la infraestructura vial.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para disminuir la cantidad de accidentes de tránsito. De igual forma, se presenta la formación para la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta de solución en general.

## ÍNDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
	ANEXOS.	

## I. RESUMEN.

El presente informe contiene el resumen general del tomo I, a manera de síntesis los preceptos que explican la base metodológica utilizada durante el proceso investigativo de la problemática sobre el mal estado de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango; que llevaron hasta la comprobación de las variables del problema identificado, así como proponer la implementación de un proyecto de pavimentación rígida para mejorar las condiciones de esta vía en general.

### Planteamiento del problema.

El presente informe sobre infraestructura vial tiene origen en el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en la ruta que comunica las dos áreas de estudio, por malas condiciones de esta, producto de no contar con un plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha deteriorado la operatividad de la carretera perjudicándose la calidad de vida de los usuarios.

El incremento de accidentes vehiculares y peatonales sobre la ruta, se refiere a que cada vez son más habituales los hechos de tránsito, tales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento, atascamiento y deslizamiento de vehículos, así como el atropellamiento de peatones y en algunos casos animales domésticos; por lo que puede definirse como un tramo vial inseguro para los pobladores, esto repercute en la circulación habitual, por lo que constantemente interfiere con emergencias y con la actividad comercial de las localidades que dependen de esta vía.

Este efecto se ha presentado por el mal estado de la vía del área, estos 27.4 km de camino hecho en gran parte de terracería no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, por lo que es común el apareamiento de baches, hundimientos, derrumbes

y zanjas por escorrentía pluvial que se agravan durante en la época de lluvias, además de que durante la época seca la cantidad de polvo es un obstáculo de los usuarios.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con una propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial, con el que se facilite la transitabilidad y se priorice la seguridad de los pobladores.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades pertinentes cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con una carretera en óptimas condiciones.

Hipótesis.

El incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta.

¿Es la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial; la causante del incremento de accidentes vehiculares y peatonales, por mal estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años?

Objetivos.

El desarrollo de la investigación conllevó el planteamiento de los objetivos: general y específico, los cuales conforme la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

General.

Disminuir accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Específico.

Mejorar el estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Justificación.

En la actualidad, en la ruta que conecta las zonas de estudio se reportaron un total de 13 incidentes vehiculares y peatonales, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, en donde solo se presentaron 2 percances, este es un claro indicativo de que transitar por el área en cualquier tipo de vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa, pero de absoluta necesidad para los pobladores que dependen de ella para sus actividades económicas y sociales.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los accidentes vehiculares y peatonales incrementan en un 34.37% al año, esto por las inadecuadas condiciones del tramo vial del área, consecuencia de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en la infraestructura vial.

Esta situación tenderá al incremento de los hechos de tránsito en esta ruta en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que la cantidad de percances reportados para el año 2026 serán 24.



Por lo cual es sumamente importante ejecutar como solución del problema una propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial con la que se ofrecerá mayor seguridad a los conductores, tripulantes y transeúntes mientras transitan sobre la ruta. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas sino también disminuir los daños materiales de los habitantes, todo esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta de pavimentación rígida sobre la ruta de la zona de estudio, y así reducir la cantidad de accidentes en un 20% anual, lo que implica un total de 4 percances para el año 2026.

#### Metodología.

La aplicación de esta metodología en el trabajo de investigación, propuesta de solución y su evaluación, se resume en el Modelo de Investigación Dominó, creado por el Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala; éste se detalla en el anexo 1 del tomo I de la presente investigación.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

#### Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación con la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento.

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis. Para la formulación de la hipótesis se utilizó el método deductivo como medio principal de investigación, el cual permitió conocer aspectos generales y específicos en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango. Las técnicas utilizadas fueron:

Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el tramo carretero, a cuyo efecto se observó las malas condiciones de la infraestructura vial en general, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso de vehículos, motocicletas, y peatones; se examinó también sobre los principales precursores de la situación, además las acciones implementadas por las autoridades municipales y comunitarias para dar solución al problema.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los pobladores y autoridades de las comunidades, así como los técnicos

de la municipalidad, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de mal estado de la ruta y con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta.

El método del marco lógico permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; asimismo facilitó establecer la denominación del trabajo.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis. Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar un muestreo estadístico para determinar la población efecto (variable Y), cálculo que resultó en 75 jefes de hogar, cuyo nivel de confianza es del 90% y error del 9.5%; para la población causa (variable X), se censó o investigó la totalidad de la población, pues las misma estaba compuesta por siete técnicos y autoridades comunales; con lo que se establece que el nivel de confianza en este caso será del 100% y error del 0%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo.

Técnicas.

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la encuesta, muestreo estadístico y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la encuesta estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Principal conclusión y recomendación.

Se comprueba la hipótesis: el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta; con el 90% de confianza y 9.5% de error para la variable efecto, así como 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable causa.

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución de la propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conecta las zonas de estudio.

La propuesta está constituida por dos resultados, a continuación, se muestran un resumen y se detalla en el anexo 1 del presente tomo.

Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora. (Municipalidad de Malacatancito Huehuetenango)

Actividad 1: espacio físico.

Actividad 2: material y equipo.

Actividad 3: personal técnico.

Actividad 4: recursos financieros.

Resultado 2: Se dispone de Diseño y planificación de infraestructura vial con pavimento rígido en la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Actividad 1: permisos legales.

Acción 1: estudio de Impacto Ambiental (EIA): Procedimiento.

Acción 2: licencia Municipal: Procedimiento.

Acción 3: notificación al COCODE y alcaldía comunitaria: Procedimiento.

Acción 4: licencia de la dirección general de caminos.

Actividad 2: Estudios técnicos: Procedimiento.

Acción 1: suelos: Procedimiento.

Acción 2: tránsito: Procedimiento.

Acción 3: topografía: Procedimiento

Actividad 3: Preparación del terreno: Procedimiento.

Acción 1: Limpieza: Procedimiento.

Acción 2: Trazos y nivelación: Procedimiento.

Actividad 4: Preliminares.

Acción 1: Aplicación de base: Procedimiento.

Actividad 5: Aplicación de Pavimento: Procedimiento.

Acción 1: preparación de materiales: Procedimiento.

Acción 2: aplicación de pavimento: Procedimiento.

Actividad 6: Complementarios.

Acción 1: Señalización.

Acción 2: rotulación.

Acción 3: bordillos.

Para la evaluación de la PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO. Tomará como base la matriz de la estructura lógica (anexo 2 del tomo II).

## II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se comprueba la hipótesis: el incremento de accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango, en los últimos cinco años, por mal estado de ruta, se debe a la inexistencia de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de dicha ruta; con el 90% de confianza y 10% de error para la variable efecto, así como 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable causa.

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución de la propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conecta las zonas de estudio.

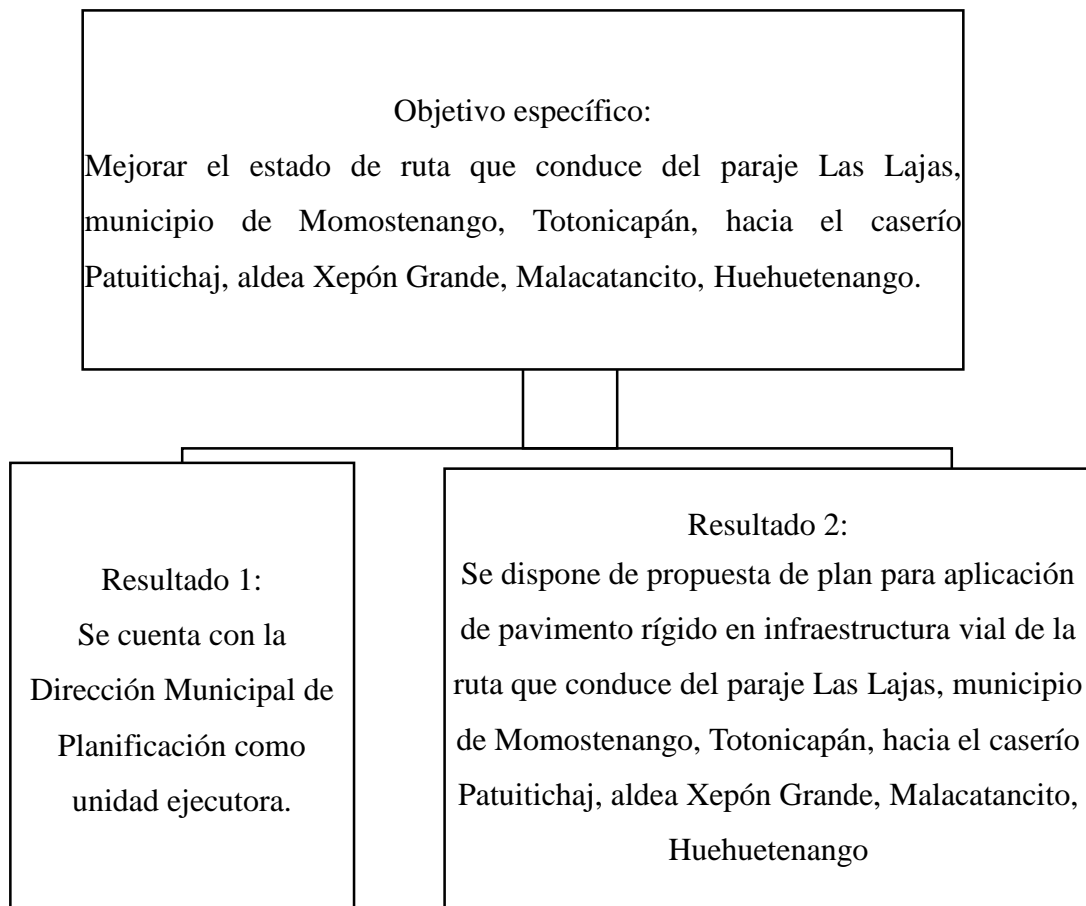


## ANEXOS.

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La Unidad Ejecutora (Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Malacatancito Huehuetenango) es la encargada de la elaboración del anteproyecto para la Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón grande, Malacatancito, Huehuetenango. Con el objetivo de disminuir accidentes viales y peatonales en el área de estudio.

Se presenta a continuación, el diagrama de medios de solución.



Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora. (Municipalidad de Malacatancito Huehuetenango).

Actividad 1: Espacio físico.

Es necesario contar con una oficina de 20 metros cuadrados la cual estará ubicada dentro de la Municipalidad, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

Actividad 2: Material y equipo.

2 escritorios tradicionales para oficina color negro de 1.2 metros

2 sillas para oficina con ruedas, ajuste de altura a gas de color azul

4 sillas, para atender a usuarios, color gris.

2 archiveros con 3 gavetas de 60 X 50 cm con llave de color negro

2 computadoras HP Portátil, pantalla táctil HD+ de 17.3 pulgadas, procesador Intel Core i7-1165G7, 32 GB DDR4 RAM, 1TB PCIe SSD, teclado retroiluminado, HDMI, Windows 11 Home, plateado, office 2020 y Autocad (civilcad)

2 estantería metálica de 2X1.5 metros con 30cm de ancho y 5 divisiones.

Actividad 3: Personal técnico.

Un gerente con el perfil siguiente: que sea Ingeniero Civil, será quien estará a cargo de la unidad ejecutora

Una secretaria con perfil de Secretariado Oficinista.

Actividad 4: Recursos Financieros.

La Municipalidad de Malacatancito, Huehuetenango, proporcionará los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

Resultado 2: Se elabora anteproyecto para Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje las lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón grande, Malacatancito, Huehuetenango.

Actividad 1. Permisos legales:

Acción 1: Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

Se deberá contratar un Regente Ambiental para que elabore el (EIA), lo lleve a la oficina de permisos Ambientales del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales para que pueda hacer aprobado y ejecutar el proyecto.

Acción 2: Licencia Municipal

Se deberá acudir a la oficina de la (DMP) para solicitar el permiso municipal establecido en la ley para proceder con la realización del proyecto.

Acción 3: Notificación al COCODE y alcaldía comunitaria.

Se deberá solicitar una reunión con directivos del COCODE del Caserío Patuitichaj, Aldea Xepón Grande, Malacatancito Huehuetenango. Para notificarles sobre la ejecución del proyecto.

Acción 4: Licencia de la Dirección General de Caminos.

Se deberá acudir a la oficina de la Dirección General de Caminos para solicitar el documento donde autorizan el permiso correspondiente para la ejecución del proyecto.

Actividad 2: Estudios técnicos.

Acción 1: Suelos.

Se realizará un sondeo en el lugar a trabajar para luego seleccionar el área libre de residuos inorgánicos así obtener resultados certeros, se procederá a realizar una

calicata de 1\*1\*1.50 mts<sup>3</sup> del nivel de la subrasante, a partir de la profundidad indicada se procederá a tomar la muestra de 75 lbs, libre de contaminación (suelo orgánico y/o residuos de todo tipo), e indicar la medida y profundidad de cambio de sustratos, por seguridad la calicata será rellena y compactada una vez que haya sido concluida la evaluación, este procedimiento se deberá realizar a cada 500 mts de distancia.

Con las muestras obtenidas de las calicatas se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio:

Análisis granulométrico ASTM D-422, MTC E 107

Límite líquido ASTM D-4318, MTC E 110

Límite plástico ASTM D-4318, MTC E 111

Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108

Clasificación de suelos AASHTOM-145

Con base al resultado de información obtenida del trabajo de campo y ensayos de laboratorio, se realizará una descripción de los tipos de sustratos encontrados en la calicata, una vez se haya clasificado los sustratos por el sistema de AASHTO M-145, se elaborará un estratigráfico para cada ensayo, en la que se indicará el CBR para el diseño de la base, sub base y peralte del pavimento.

Acción 2: Transito.

Para realizar el estudio de transito se deberá de contar con un dispositivo de aforo neumático y un forista, para el conteo de los vehículos que transitan en el lugar y así determinar la cantidad por cada tipo de vehículos según sus ejes, posteriormente a ello realizar el diseño del peralte (t) apropiado para la capa de rodadura del tipo de tránsito, y así obtener mejores resultados para el diseño a largo plazo y que pueda cumplir con su funcionalidad.

### Acción 3: Topografía.

Se realizará el levantamiento topográfico por medio de equipo especializado, en el cual para poder realizar el estudio se requiere de lo siguiente; una estación total, un trípode, dos estadales con prisma y un topógrafo con dos cadeneros, en la cual el equipo (estación total), proporcionará los datos necesarios para determinar el comportamiento de la planimetría y altimetría del proyecto, para luego trasladar esta información al programa (CivilCad), para ello se necesitan los siguientes datos: las coordenadas en los puntos X,Y,Z para diseñar el perfil y los puntos para proponer y diseñar la planta del tramo carretero.

Posteriormente de obtener el diseño, se realizará el replanteo topográfico que consiste en indicar con linderos a base de las estaciones de referencia que se instalaron al momento de realizar el levantamiento topográfico, con ello se trazará el eje central, los ejes paralelos, curvas verticales y horizontales.

### Actividad 3: Preparación del terreno:

#### Acción 1: limpieza.

Consistirá en la eliminación de todo tipo de materia orgánica y obstáculo que estén dentro del límite del derecho de vía, esto se realizará con la ayuda de una retroexcavadora, un camión de volteo, personal calificado para operar las maquinarias y ayudantes.

#### Acción 2: trazos y nivelación.

Consistirá en el corte de talud, excavación, retiro, relleno y compactación de la subrasante, en base a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, esta acción se realizará con una excavadora, dos camiones de volteo de 10m<sup>3</sup>, un camión cisterna con agua, una motoniveladora (Patrol) y un rodo compactador de 10 toneladas.

El procedimiento consistirá en lo siguiente:

Con la excavadora se realizará el corte de talud y la excavación del derecho de vía, con la misma maquinaria se cargarán los camiones para el retiro del material acumulado, posterior a ello con la motoniveladora se procederá a la nivelación (corte y relleno) donde sea necesario, con referencia de linderos colocadas en el eje central, ejes paralelos, curvas verticales y horizontales. Mediante el replanteo topográfico, después pasará el camión cisterna con agua, humedecer en las partes donde sea necesario relleno para obtener la humedad óptima y adquirir mayor adherencia del material, posterior pasar el rodo compactador para la estabilización de la subrasante. La compactación se debe comprobar según AASHTO T 191

Actividad 4: Preliminares.

Acción 1: Aplicación de base.

Para la aplicación de la base se procederá a la escarificación, tendido y conformación del material obtenidas de la explotación de canteras y bancos, y se aplicará de la siguiente manera:

Con la ayuda de retroexcavadora se explotarán canteras y con la misma se cargarán los camiones de volteo para el traslado del material hacia el área de trabajo, vaciando el material a cada cierta distancia para luego con la motoniveladora se realizará la escarificación, tendido y conformación de la base, luego el camión cisterna con agua para obtener humedad óptima y adquirir mayor adherencia del material así pasar el rodo compactador para la estabilización de la base, la compactación se debe comprobar según AASHTO T 191.

El material de la base debe cumplir con los siguientes requisitos:

Valor soporte; debe de cumplir con norma AASHTO T 193.

Impurezas; el material debe estar libre de materia orgánica basura incorporada dentro de la capa de la base, puedan causar fallas en la carpeta de rodadura.

Plasticidad y Cohesión; la base debe de cumplir con norma AASHTO T 89.

Actividad 5: Aplicación de Pavimento: Procedimiento.

Acción 1: Preparación de materiales.

Se procederá a la preparación de materiales el cual consistirá en cemento, agregado grueso, agregado fino, aditivos, agua; con la ayuda de mezcladoras para concreto se aglomerarán los materiales, para poder aplicarlos con la ayuda de instrumentos para construcción.

Acción 2: Aplicación de pavimento.

Consistirá en el vaciado del concreto en el área, esto llevará un procedimiento adecuado para que pueda cumplir con su funcionalidad.

Con la ayuda de equipo especializado se verterá el concreto y conformarlo para tratar de dejarlo uniforme, para luego con la ayuda de una vibradora de concreto se eliminarán las burbujas de aire acumulado en el mismo, posterior a tener la superficie uniforme y vibrado, con la ayuda de peinetas metálicas espaciados no menos de 12 mm ni más de 25 mm. El ancho de las cerdas debe ser del orden de los 3.2 mm realizar el acabado, se debe realizar antes del fraguado del concreto dándole una textura transversal o perpendicular al eje de la calzada; una vez terminado el texturizado debe iniciar el proceso del curado del concreto para mantener la humedad y alcanzar su máxima resistencia.

Posterior a las 24 horas del fraguado realizar cortes y sellos de las mismas para formar placas de 1.5\*1.5 metros en toda la carpeta de rodadura, esto con el fin que las fisuras en el concreto se presenten en el lugar deseado.

## Actividad 6: Complementarios.

### Acción 1: Señalización.

Las superficies sobre las cuales se aplicarán las líneas de marcas, deben estar libres de humedad, partículas sueltas, lodo o grasa.

Las líneas deben de tener un ancho de 10 centímetros.

Las líneas discontinuas deben de tener 5 metros de largo y con intervalos de 10 metros.

La pintura debe ser reflectiva. Sus propiedades deben cumplir con norma AASHTO M 248.

Se usará pintura de color amarillo en las líneas centrales y color blanco en líneas paralelas y rotulación

Se usarán marcadores resaltados (ojos de gato) de color amarillo, blanco y rojo.

### Acción 2: Rotulación.

Son los indicadores que se deberán colocar en toda la trayectoria de la carretera construida, el cual debe ser de material galvanizado y pintura reflectiva, los cuales llevarán información de: Indicaciones de destinos próximos; límites de velocidad; kilometraje; bifurcaciones.

### Acción 3: Bordillos.

Se pintarán los bordillos de amarillo en rectas y de color rojo en lugares de punto ciego (curvas, intersección).



Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del Plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Objetivo general. Disminuir accidentes vehiculares y peatonales en ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.</p>	<p>Al primer año de la implementación del proyecto, se disminuyen los accidentes, en 80%.</p>	<p>Registros de la DMP, entrevistas a los habitantes, informes de la unidad ejecutora.</p>	<p>COVIAL implementa con el apoyo de la unidad ejecutora, el programa de vigilancia vial dirigido a conductores para evitar accidentes.  Cooperante: COVIAL.</p>
<p>Objetivo específico. Mejorar el estado de ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.</p>	<p>Al primer año de la implementación del proyecto, se mejora el estado de la ruta en 90%.</p>	<p>Informes de la DMP, fotografías, entrevistas a los habitantes.</p>	<p>La DMP implementa el plan de mantenimiento permanente a la nueva ruta.</p>

<p>Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora.</p>			
<p>Resultado 2: Se dispone de propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.</p>			

Fuente: Zarat Vicente, A. enero de 2021.

Anexo 3: Plan de trabajo.

Cronograma de actividades para Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje las lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, Aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

N.	Reglón	UNIDAD	Cantidad	Tiempo en meses					Inversion po Reglon	%		
				1	2	3	4	5				
101	Limpieza y chapeo	m2	4500	■	■						Q 70,200.00	0.90
102	Replanteo topografico	ml	1753		■						Q 49,327.91	0.64
103	Corte de cajuela	m3	4506		■	■	■				Q 1,069,939.08	13.78
201	Tendido + compactación de base e impr	m3	1578		■	■	■	■			Q 761,850.43	9.81
301	Pavimento de concreto de 3000 PSI	m2	10518								Q 4,467,930.35	57.54
302	Corte y sello de juntas en pavimento y b	ml	7012				■	■			Q 206,206.39	2.66
401	Bordillos de 0.10 x 0.40m	ml	3506			■	■	■			Q 539,927.57	6.95
501	Pintura, señalización y rotulación	global	1				■	■	■		Q 564,075.14	7.26
601	Limpieza final del area trabajada	m2	1753						■	■	Q 35,892.68	0.46
											Q 7,765,349.54	100.00
PROPUESTA MENSUAL				20%	20%	30%	25%	5%				
ACUMULADO MENSUAL				20%	40%	70%	95%	100%				
INVERSION MENSUAL EN QUETALES				Q 1,553,069.91	Q 1,553,069.91	Q 2,329,604.86	Q 1,941,337.38	Q 388,267.48				
INVERSION ACUMULADA MENSUAL EN QUETALES				Q 1,553,069.91	Q 3,106,139.82	Q 5,435,744.68	Q 7,377,082.06	Q 7,765,349.54				
TOTAL DEL PROYECTO											Q 7,765,349.54	

#### Anexo 4. Presupuesto.

Como se puede percibir en el anexo que a continuación se presenta, se enlistan los renglones y al mismo tiempo el costo unitario por cada uno de ellos, finalmente se detalla también el costo total de la propuesta para solucionar la problemática identificada en el árbol de problemas.

Presupuesto de Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje las lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, Aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.

N.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio U.	Costo de Renglón
101	Limpieza y chapeo	m2	4500	Q 15.60	Q 70,200.00
102	Replanteo topografico	ml	1753	Q 28.14	Q 49,327.91
103	Corte de cajuela	m3	4506	Q 237.45	Q 1,069,939.08
201	Tendido + compactación de base E Imp	m3	1578	Q 482.79	Q 761,850.43
301	Pavimento de concreto de 3000 PSI e=	m2	10518	Q 424.79	Q 4,467,930.35
302	Corte y sello de junta en pavimento y bo	ml	7012	Q 29.41	Q 206,206.39
401	Bordillos de 0.10 x 0.40m	ml	3506	Q 154.00	Q 539,927.57
501	Pintura, señalización y rotulación	global	1	Q 564,075.14	Q 564,075.14
601	Limpieza final del area trabajada	m2	1753	Q 20.48	Q 35,892.68
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>7,765,349.54</b>

Anexo 5: otros anexos.

anexo 5.1: Memoria de cálculo.

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.

Tipo de suelo: Clasificación de suelo AASHTO M145 es tipo A-2-4(0) con características físicas; Arena limosa pómez color blanco beige (ANEXO 5.3)

Ancho de calzada: 6 metros de acuerdo al tipo de tráfico y ancho de carretera cada carril de 3 mts. carretera tipo E (tabla no. 5 ANEXO 5.4).

TPD (Tráfico Promedio Diario): tipo E, 100 A 500. (Tabla no. 5 ANEXO 5.4)

Relación de soporte CBR estudio de suelo (tabla no.1 ANEXO 5.4)

Valor soporte lbs/pulg<sup>2</sup>, (Tabla no. 1 ANEXO 5.4)

Valor promedio de K: se encuentra el valor de K. se establece un valor 9 (tabla No.6 ANEXO 5.4)

Condición de apoyo: MUY ALTO este valor se encuentra en la (Tabla no. 6 ANEXO 5.4)

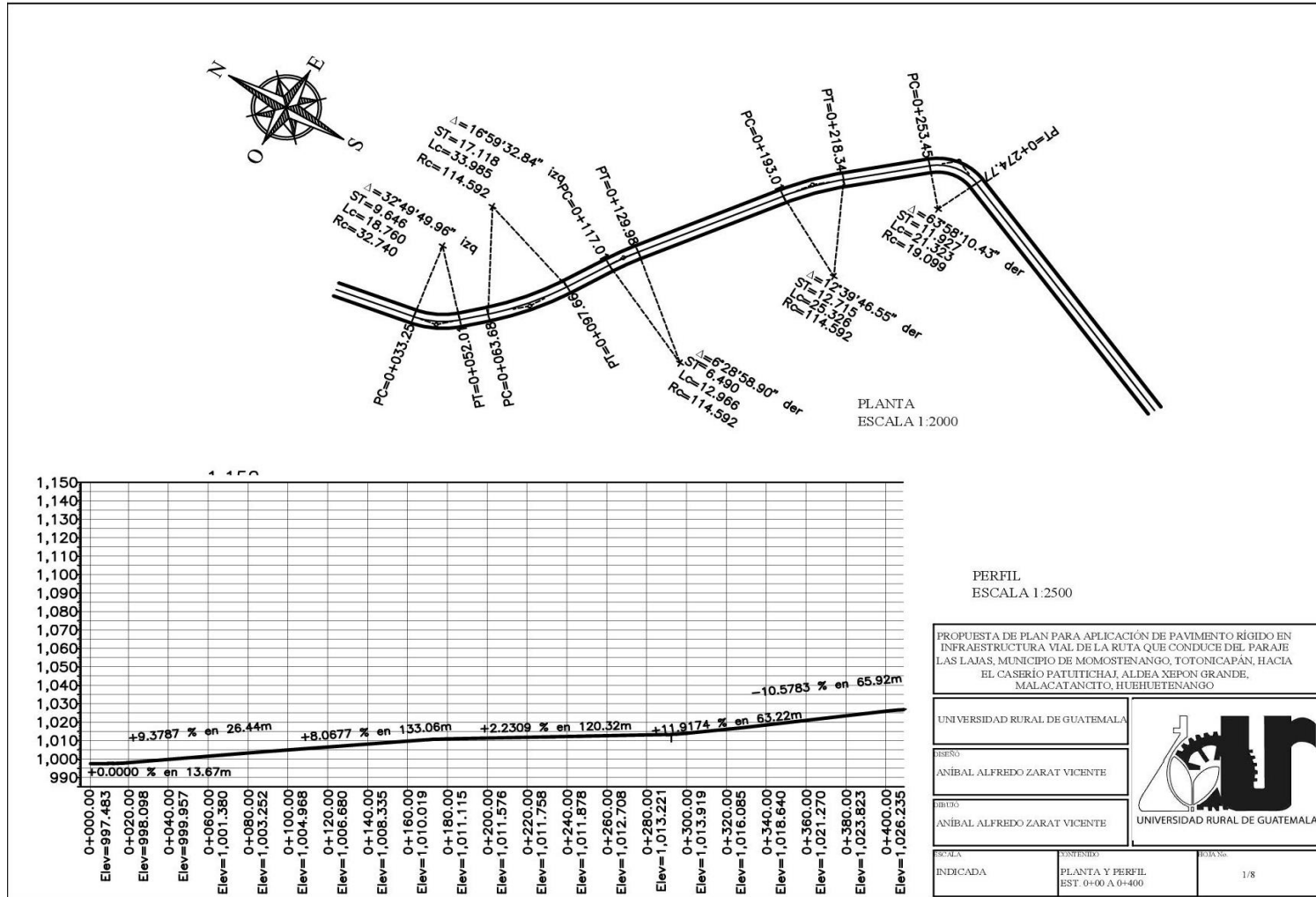
Módulo de ruptura (MR): se recomienda usar el módulo de ruptura; MR=42kg/cm<sup>2</sup>. (Tabla no. 8 ANEXO 5.4)

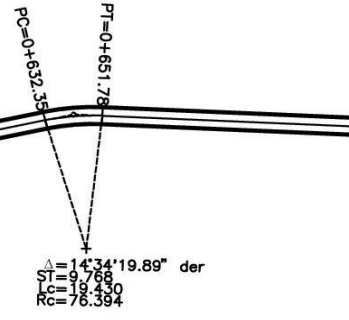
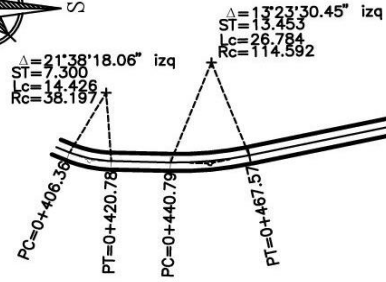
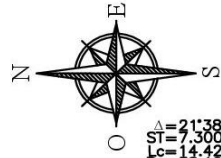
Clasificación de tránsito: acatando las características, se clasifica como categoría de carga por eje No. 1. (Tabla no. 7 ANEXO 5.4)

Con referencia a lo que corresponde a la categoría de carga de eje No. 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesita pasa juntas.) se determina el peralte del pavimento que será de 15 centímetros (Tabla no. 8 ANEXO 5.4).

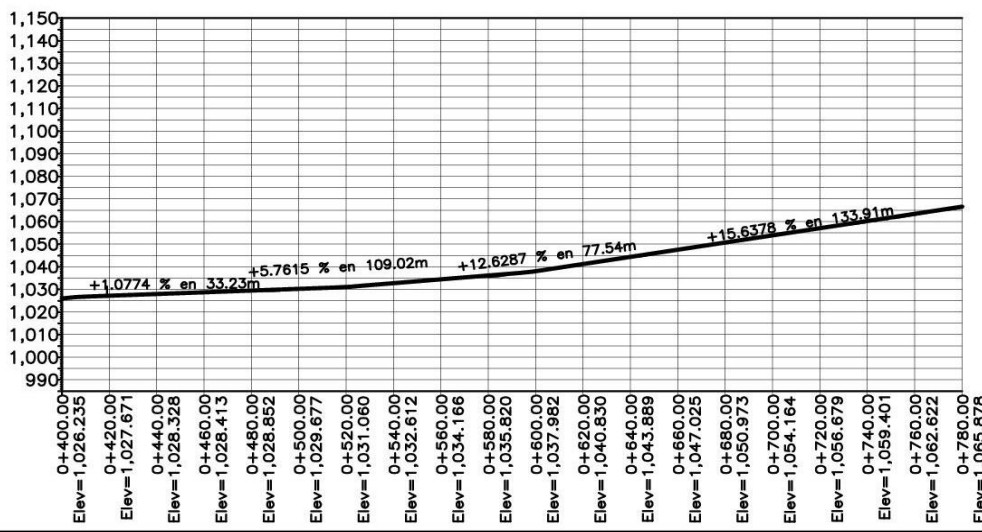
T=15 centímetros

Anexo 5.2: planos.



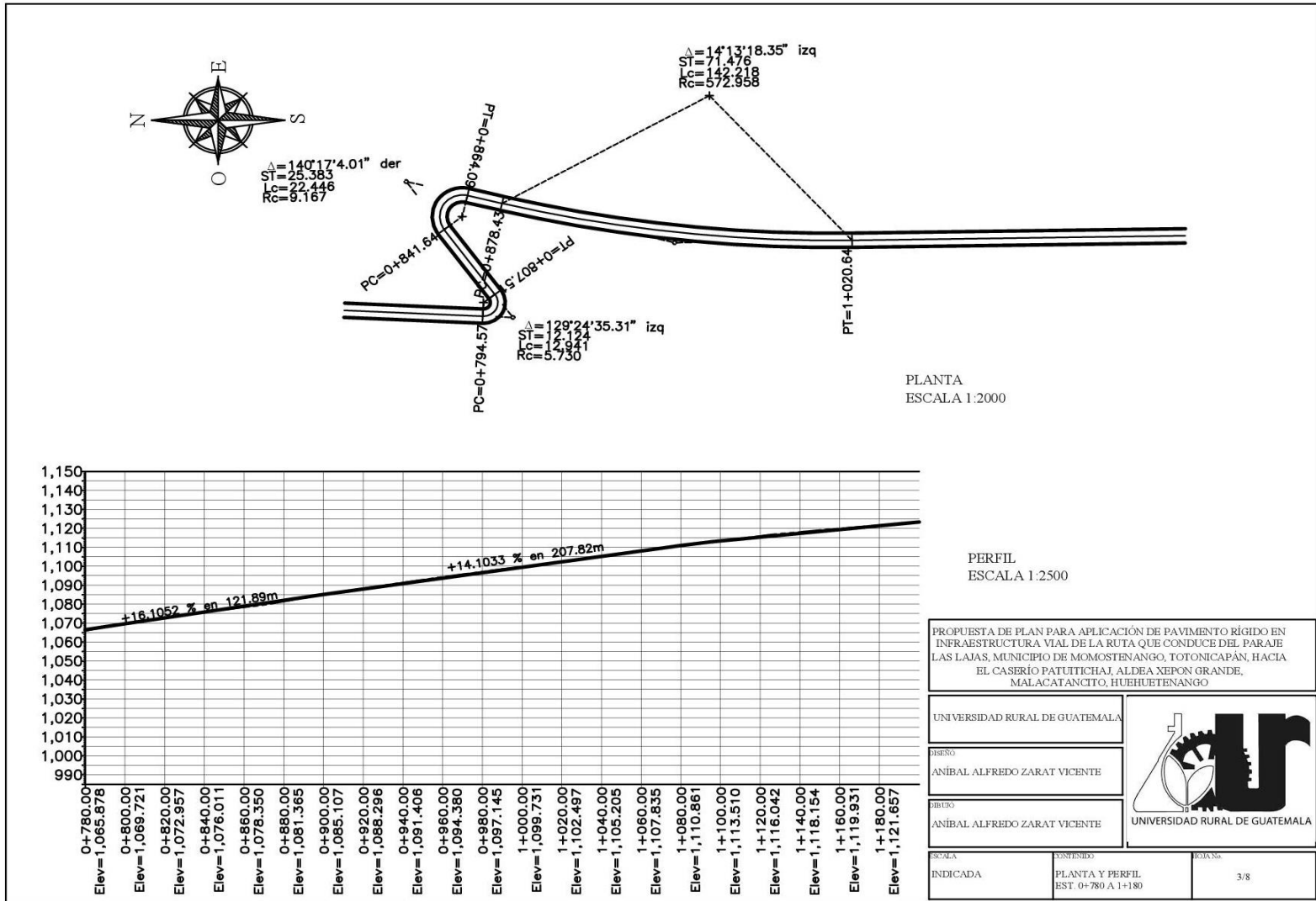


PLANTA  
ESCALA 1:2000

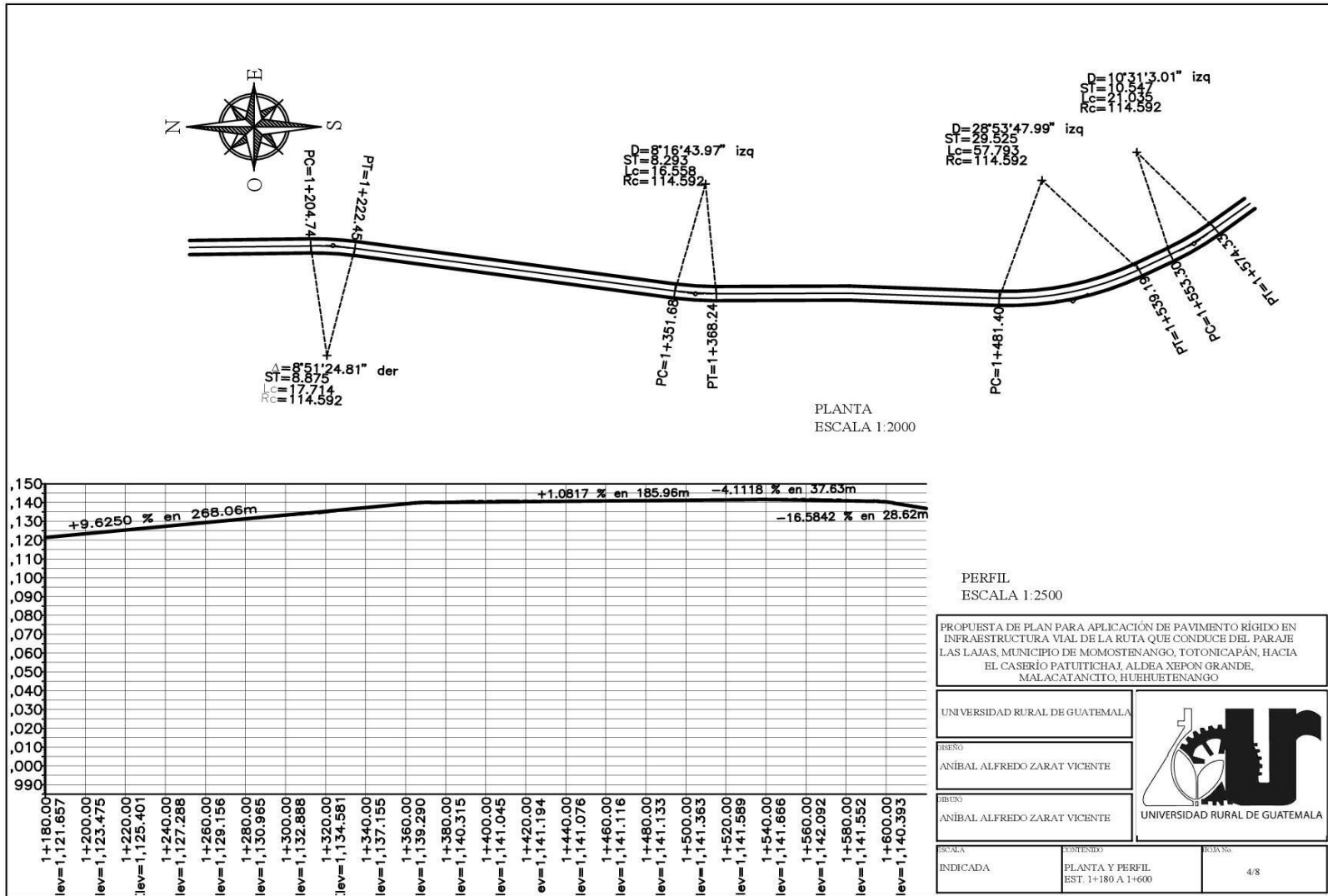


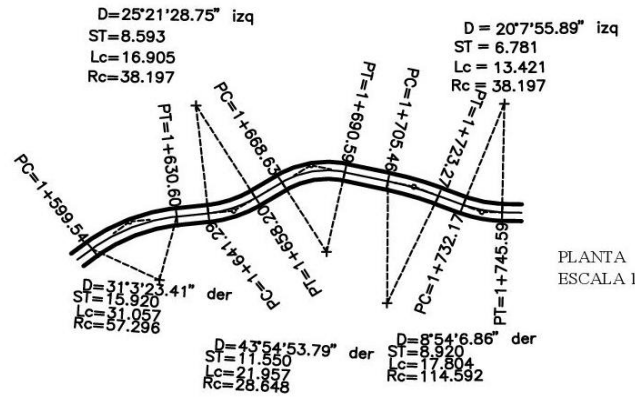
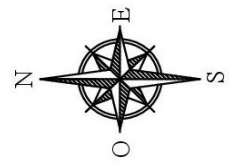
PERFIL  
ESCALA 1:2500

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPON GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		
DISEÑO ANIBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
DIBUJO ANIBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		
ESCALA INDICADA	CONTENIDO PLANTA Y PERFIL EST. 0+400 A 0+780	FOLIOS 2/8

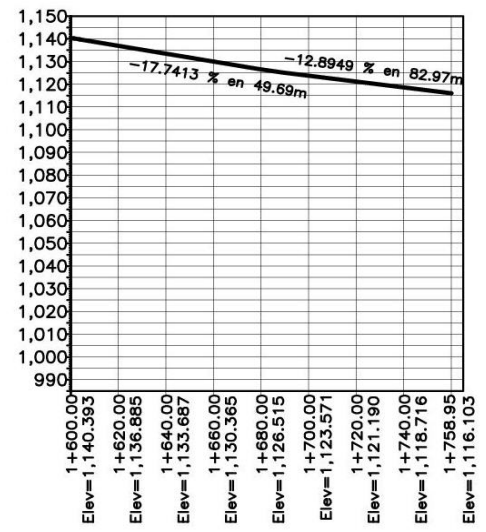






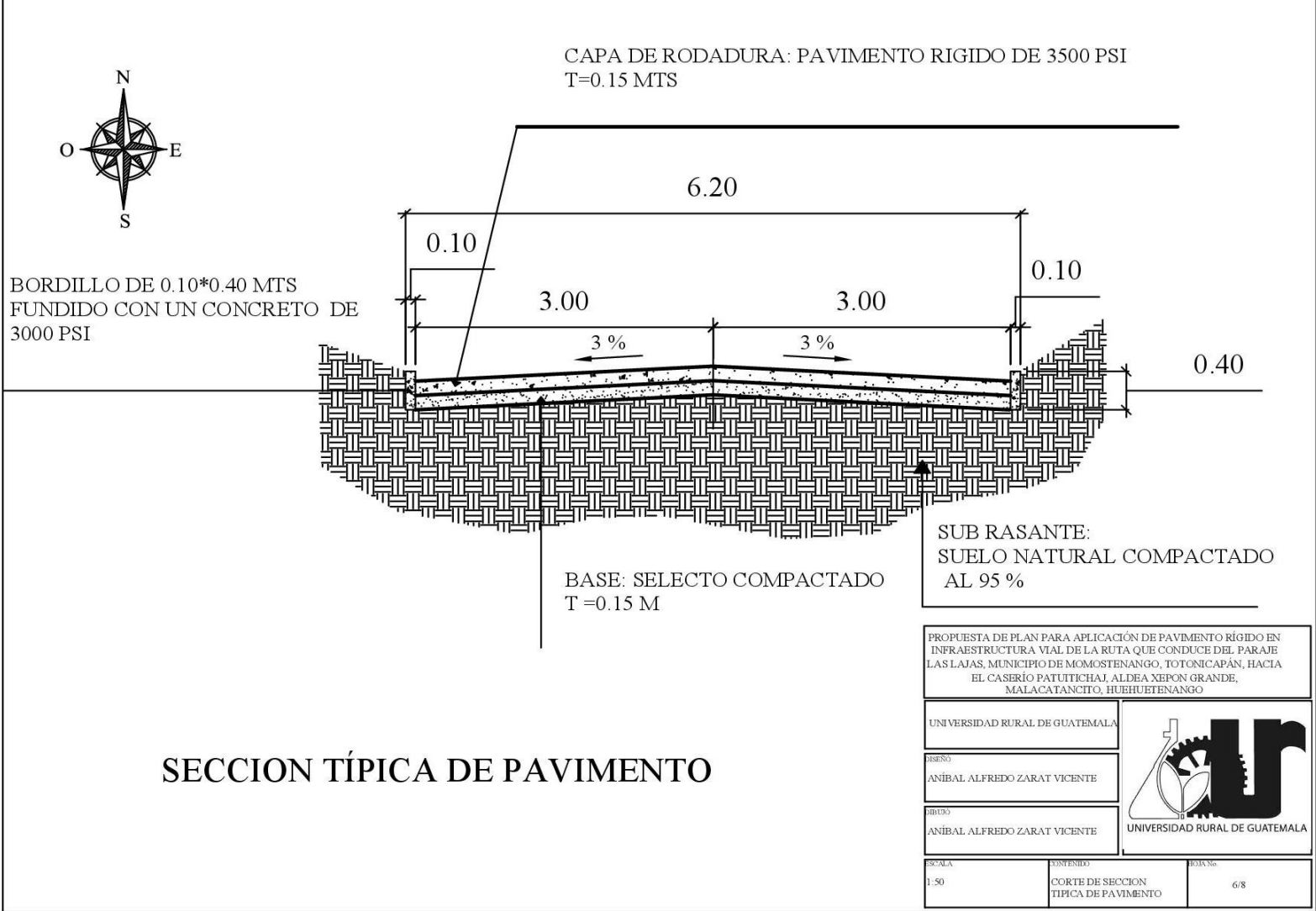


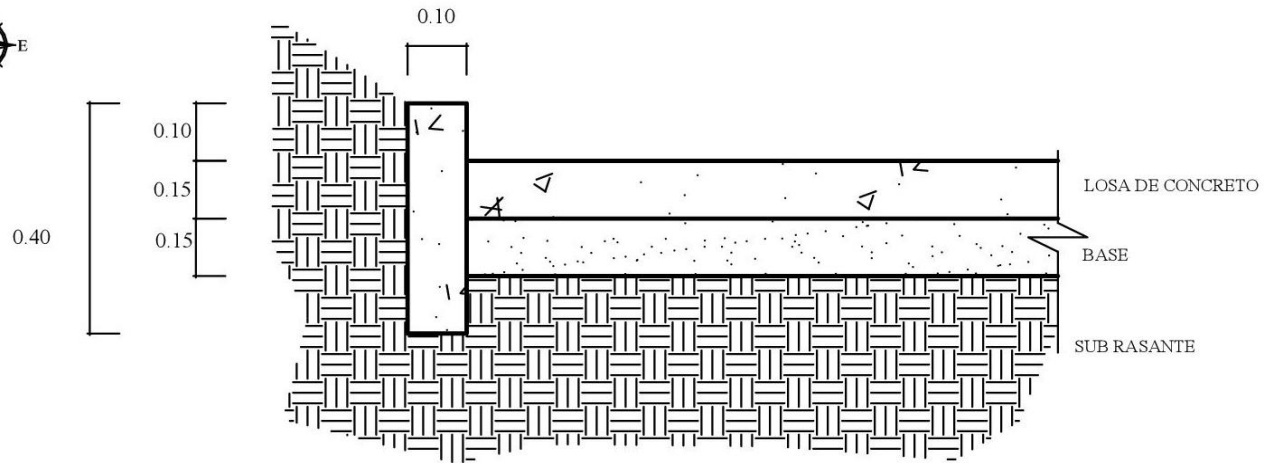
PLANTA  
ESCALA 1:2000




PERFIL  
ESCALA 1:2500

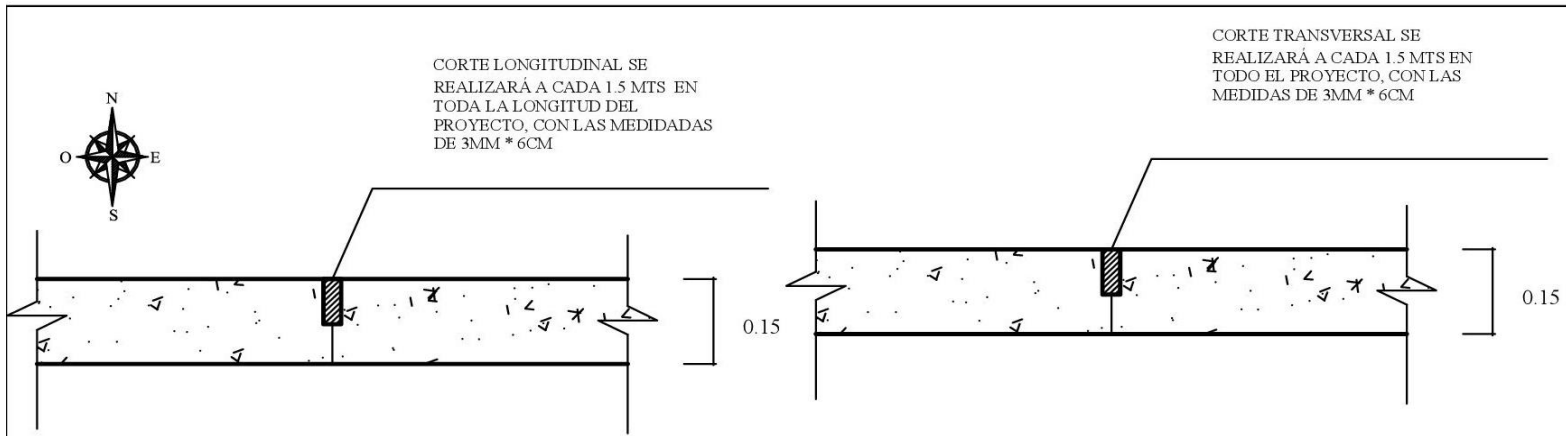
PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAI, ALDEA XEPEON GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		
DISEÑO ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
DIBUJO ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
ESCALA INDICADA	CONTENIDO PLANTA Y PERFIL EST. 1+600 A 1+758	FOLIO No. 5/8





# DETALLES DE BORDILLOS

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAL, ALDEA XEPON GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		 UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
DISEÑO: ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
DIBUJO: ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
ESCALA: 1:10	CONTENIDO: CORTE DE SECCION TÍPICA DE PAVIMENTO	FOLIO No. 7/8



DETALLES DE JUNTA LONGITUDINAL

DETALLES DE JUNTA TRANSVERSAL

# DETALLES DE JUNTAS

PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPON GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		
DISEÑO ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
DIBUJO ANÍBAL ALFREDO ZARAT VICENTE		
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA		
ESCALA 1:10	CONTENIDO DETALLES DE JUNTAS	FOLIO No. 8/8

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PROYECTO “PROPUESTA DE PLAN PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RUTA QUE CONDUCE DEL PARAJE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN, HACIA EL CASERÍO PATUITICHAJ, ALDEA XEPÓN GRANDE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO”.

El peralte del pavimento será de  $T=0.15$  metros.

La resistencia del concreto para el pavimento será de 3500 PSI.

La resistencia del concreto para los bordillos será de 3000 PSI.

El corte de juntas será de 3mm\*6cm de profundidad.

El sello de junta se realizará con sellador poliuretano que cumpla con los requerimientos de la norma ASTM C 920.

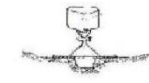
La distancia entre juntas longitudinales y transversales debe ser como se indica en los planos.

las muestras para pruebas de resistencia deben cumplir con lo establecido en la norma AASHTO T-14 y los cilindros deben cumplir con lo establecido en la norma AASHTO T-22.

NOTA: el diseño de las curvas horizontales y verticales se encuentran en las tablas 16 y 17 del anexo 5.4

Anexo 5.3: Estudios de suelos.

Laboratorio de Suelos y Materiales, "Control"  
 0 Avenida E2-87 lote 79 Zona 6  
 Colonia Transvalle, Quetzaltenango.  
 Tel: 77630886, Móvil 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com



**CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS**

Proyecto : Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patulitchaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito, Huehuetenango.  
 Objeto del Estudio: Determinar las características de la subrasante.  
 Fecha: 6 de agosto de 2022  
 Informe No 7309  
 Dirigido a: Estudiante Anibal Alfredo Zarat Vicente  
 Carné: 160030147  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.  
 Universidad Rural.

No. Lab	Est	Prof.	Análisis Granulométrico de suelos							% Hum Nat	Límites de Atterberg AASHTO T-89 y T-90			Proctor		CBR AASHTO T-193		Clasificación ión AASHTO M145	Descripción visual del suelo por sedimentación	
			AASHTO T-127 y T-11								AASHTO 285	LL	LP	IP	PUS MAX Lb/pie <sup>3</sup>	%Hu m opt	85% Comp			Hinch %
			3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.100	No.200											
7309	LD	0.25-1.30	100	100	95.6	88.6	87.2	41.6	27.3	22.0	NL	NP	---	76.1	21.3	27.0	0.10	A-2-4 (0)	Arena limosa pomez color blanco beige	

**OBSERVACIONES:**

- Muestra analizada tal como fue entregada a este laboratorio.
- En la profundidad de 0.0 a 0.25 metros se nos reporto material de relleno.
- El hinchamiento reportado es el mas alto obtenido de los tres especimenes de cbr.
- Los datos del nombre del proyecto, profundidad, estación son los consignados tal como lo indicó el interesado.

Verificó los ensayos: *Nora Karina Matroquin Rodas*  
 Vc. Bo. *Nora Karina Matroquin Rodas*  
 INGENIERA CIVIL  
 COLEGADA No. 8199  
 "CONTROL" / 2022  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 DE CONSTRUCCION  
 Fels: (502) 7763 0886 Movil 4217-4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales, "CONTROL".

**GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG**



Tipo de Suelo: Arena limosa pómez color blanco beige.  
 Localización: Capa de subrasante, profundidad de 0.25-1.30 m  
Estación 000+000 Lado Derecho.

Dirigido a: Estudiante Anibal Alfredo Zarat Vicente  
 Carné: 180030147

Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.  
 Universidad Rural.

Lab. No. 7309 Fecha: 30/07/2022

Proyecto: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en  
infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas,  
municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío  
Patulichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito,  
Huehuetenango.

Tamiz	PBR	PNR	% Ret	% Acum	% Pasa	% T.P
3/8"	---					100.0

No.4	99.7	23.6	4.45	4.45	95.6	95.6
No.10	113.1	37	6.98	11.43	88.6	88.6
No.40	189.7	113.6	21.43	32.85	67.1	67.2
No.100	211.6	135.5	25.56	58.41	41.6	41.6
No.200	152.1	76	14.33	72.74	27.3	27.3

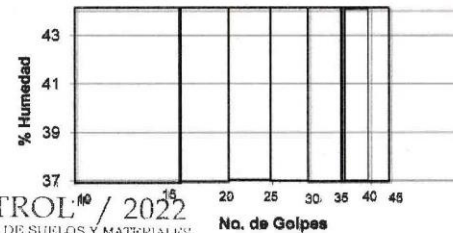
**Granulometría gruesa**  
 P.B: \_\_\_\_\_  
 Tara: \_\_\_\_\_  
 PN: \_\_\_\_\_

**Granulometría Fina**  
 P.B: 606.3 grs.  
 Tara: 76.1 grs  
 PN: 530.20 grs.

AASHTO M-145

Resultados:	
Límite Líquido	NL
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	---
Clasificación	A-2-4 (0)

	Limite Líquido	Limite Plástico
Tarro No.		
PBH		
PBS		
TARA		
PNS		
DIF		
% HUM		
GOLPES		Promedio:



*Nora Karina Marroquín Rodas*  
**"CONTROL" No. / 2022**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 DE CONSTRUCCIÓN  
 Tel: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com

Nora Karina Marroquín Rodas  
 INGENIERA CIVIL  
 COLEGIO No. 9199



Laboratorio de Suelos y Materiales, "Control".  
 0 Avenida E2-67 lote 79 Zona 6, Quetzaltenango, ciudad.  
 Tel: 77630886 cel 42174819 E-Mail vicmargu@yahoo.com  
 sitio web: www.laboratoriodesueloscontrol.com



**DENSIDAD- HUMEDAD/ PROCTOR.**

**Tipo de Suelo:** Arena limosa pomez color blanco beige.  
**Localización:** Capa de subrasante, profundidad de 0.25-1.30 m, estación 000+000 LD  
**Dirigido a:** Estudiante Anibal Alfredo Zarat Vicente  
**Camé:** 160030147  
 Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil  
 Universidad Rural.

**Proyecto:** Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje Las Lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patutichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito Huehuetenango.

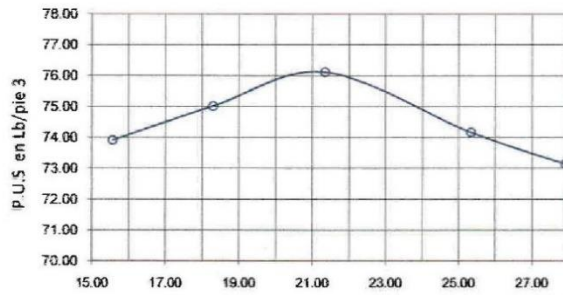
**Lab No.** 7309

**Fecha:** 29/06/2022

P.B	P.N	P.U.H.	Tarro	Tara	P.B.H	P.B.S	P.N.S	%HUM	% HUM PROM	P.U.S
11.87			189	10.81	142.50	124.60	113.79	15.73		
	2.83	85.41	293	10.7	111.20	97.80	87.10	15.38	15.56	73.9
11.98			131	10.80	109.00	93.80	83.00	18.31		
	2.94	88.73	217	10.55	112.20	96.50	85.95	18.27	18.29	75.0
12.10			264	10.69	119.90	100.60	89.91	21.47		
	3.06	92.35	213	10.43	116.70	98.10	87.67	21.22	21.34	76.1
12.12			210	10.67	106.30	87.10	76.43	25.12		
	3.08	92.96	312	11.47	127.40	103.80	92.33	25.56	25.34	74.2
12.14			299	10.79	105.50	84.80	74.01	27.97		
	3.10	93.56	278	10.66	106.60	85.70	75.04	27.85	27.91	73.1

Tara 9.04 lbs.  
 Capacidad 0.033134 pie<sup>3</sup>

Proctor AASHTO T-180  
 Proctor tipo: "C"



**Resumen**  
 % Humedad óptima 21.3%  
 P.U.S máximo: 76.1lbs/pie<sup>3</sup>

verifico los ensayos:

*Nora Karla Marrero Rodas*  
 "CONTROL" / 2022  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 Tel: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
 e-mail: vicmargu@yahoo.com  
 Nora Karla Marrero Rodas  
 INGENIERA CIVIL  
 COLEGIADA No. 8199

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales, "CONTROL".



**C.B.R.**  
**Norma: AASHTO T 193**



<b>Tipo de Suelo:</b> Arena limosa pómez color blanco beige	<b>Proyecto:</b> Propuesta de plan para aplicación de
<b>Localización:</b> Capa de subrasante, profundidad 0.25-1.30 m	<b>pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta</b>
<b>Estación:</b> 000+000 Lado Derecho	<b>que conduce del paraje Las Lajas, municipio de</b>
<b>Dirigido a:</b> Estudiante Anibal Alfredo Zarat Vicente	<b>Momostenango, Totonicapán hacia el caserío</b>
<b>Camé:</b> 160030147	<b>Patuitichaj, aldea Xepón Grande, Malacatancito</b>
<b>Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil.</b>	<b>Huehuetenango. Proctor:T-180</b>
<b>Universidad Rural. Lab. No.: 7309</b>	<b>Fecha:</b> 1/08/2022
<b>Peso muestra:</b> 35 lbs	<b>Incremento Agua:</b> 1005 cc

**Determinación Humedad Actual:**

Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	DIF	P.N.S	Hum	Prom.
191	10.60	111.1	99.3	11.80	88.7	13.30	14.10
179	11.50	112.4	99.3	13.10	87.8	14.92	
<b>Cilindro No.</b>	<b>12</b>		<b>TARRO</b>	<b>150</b>	<b>202</b>		
<b>P.B.H.</b>	<b>21.28</b>		<b>TARA</b>	<b>10.7</b>	<b>10.6</b>	<b>No. Capas:</b>	<b>5</b>
<b>Tara</b>	<b>14.52</b>		<b>P.B.H.</b>	<b>110.4</b>	<b>108</b>	<b>No. Golpes:</b>	<b>10</b>
<b>P.N.H</b>	<b>6.76</b>		<b>P.B.S</b>	<b>93.0</b>	<b>90.4</b>	<b>Fecha Inmersión:</b>	<b>1/08/2022</b>
<b>Capacidad</b>	<b>0.08037</b>		<b>DIFERENCIA</b>	<b>17.4</b>	<b>17.60</b>	<b>Fecha Salida:</b>	<b>5/08/2022</b>
<b>P.U.H</b>	<b>84.11</b>		<b>P.N.S</b>	<b>82.3</b>	<b>79.8</b>	<b>Lect. Inicial</b>	<b>0.100</b>
<b>P.U.S</b>	<b>69.17</b>		<b>% HUM</b>	<b>21.14</b>	<b>22.06</b>	<b>Lect. Final</b>	<b>0.105</b>
<b>% Comp</b>	<b>90.9</b>		<b>% H. PROM</b>	<b>21.60</b>		<b>%Hinchamiento:</b>	<b>0.1</b>
<b>Cilindro No.</b>	<b>11</b>		<b>TARRO</b>				
<b>P.B.H.</b>	<b>21.87</b>		<b>TARA</b>			<b>No. Capas:</b>	<b>5</b>
<b>Tara</b>	<b>14.38</b>		<b>P.B.H.</b>			<b>No. Golpes:</b>	<b>30</b>
<b>P.N.H</b>	<b>7.49</b>		<b>P.B.S</b>			<b>Fecha Inmersión:</b>	<b>1/08/2022</b>
<b>Capacidad</b>	<b>0.084623</b>		<b>DIFERENCIA</b>			<b>Fecha Salida:</b>	<b>5/08/2022</b>
<b>P.U.H</b>	<b>88.51</b>		<b>P.N.S</b>			<b>Lect. Inicial</b>	<b>0.100</b>
<b>P.U.S</b>	<b>72.79</b>		<b>% HUM</b>			<b>Lect. Final</b>	<b>0.100</b>
<b>% Comp</b>	<b>95.6</b>		<b>% H. PROM</b>			<b>%Hinchamiento:</b>	<b>0</b>
<b>Cilindro No.</b>	<b>1</b>		<b>TARRO</b>				
<b>P.B.H.</b>	<b>23.25</b>		<b>TARA</b>			<b>No. Capas:</b>	<b>5</b>
<b>Tara</b>	<b>15.87</b>		<b>P.B.H.</b>			<b>No. Golpes:</b>	<b>55</b>
<b>P.N.H</b>	<b>7.38</b>		<b>P.B.S</b>			<b>Fecha Inmersión:</b>	<b>1/08/2022</b>
<b>Capacidad</b>	<b>0.08083</b>		<b>DIFERENCIA</b>			<b>Fecha Salida:</b>	<b>5/08/2022</b>
<b>P.U.H</b>	<b>91.30</b>		<b>P.N.S</b>			<b>Lect. Inicial</b>	<b>0.100</b>
<b>P.U.S</b>	<b>75.08</b>		<b>% HUM</b>			<b>Lect. Final</b>	<b>0.100</b>
<b>% Comp</b>	<b>98.7</b>		<b>% H. PROM</b>			<b>%Hinchamiento:</b>	<b>0</b>

0.025	0.05	0.075	0.1	0.2	0.3	No. Cil	% Comp
36	90	154	237	355	420	12	90.9
113	391	669	853	1224	1450	11	95.7
205	710	1214	1548	2222	2632	1	98.7

Verificó:  "CONTROL" / 2022  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION  
 Tels: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
 e-mail: vicmargu@yahoo.com

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales, "CONTROL".

**"Control"** Laboratorio de Suelos y Materiales  
 Oav. E2-67 lote 79 Colonia Transvalle Zona 6, Quetzaltenango  
 Tel: 77630886 Móvil 42174819 E-Mail vicmmargu@yahoo.com

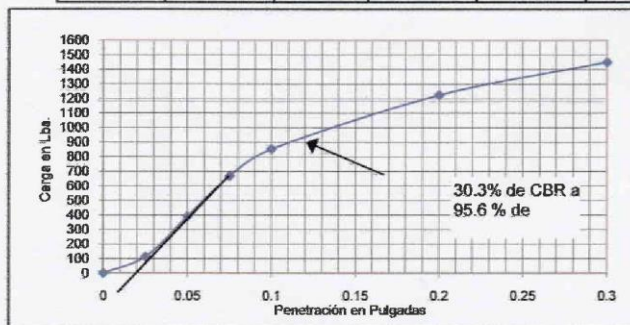
**Graficas de Penetración en Pulgadas Vrs. Carga en Lbs.**

No. Lab 7,309

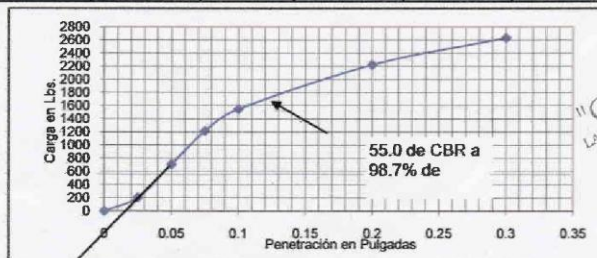
0.025"	0.050"	0.075"	0.100"	0.200"	0.300"	CIL No.
35	90	154	237	355	420	12



0.025"	0.050"	0.075"	0.100"	0.200"	0.300"	CIL No.
113	391	669	853	1224	1450	11



0.025"	0.050"	0.075"	0.100"	0.200"	0.300"	CIL No.
205	710	1214	1548	2222	2632	1



"CONTROL" / 2022  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 DE CONSTRUCCION  
 Tels: (502) 7763-0886 Móvil 4217-4819  
 e-mail: vicmmargu@yahoo.com

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales, "CONTROL".

Anexo 5.4: Tablas de diseño de pavimento.

Tabla 1. Interrelación aproximada de la clasificación de suelos y algunas propiedades.

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100				
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.T.S.M.													GP	GW						
													CM							
													GC							
													GW							
													SM							
													SP							
													SC							
													CH	ML						
													CH	CL						
													OL							
MH																				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.													A-1-a							
													A-1-b							
													A-2-4	A-2-5						
													A-2-6	A-2-7						
													A-3							
													A-4							
													A-5							
													A-6							
													A-7-5	A-7-6						
													CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN							
E-2																				
E-3																				
E-4																				
E-5																				
E-6																				
E-7																				
E-8																				
E-9																				
E-10																				
E-11																				
E-12																				
VALOR DE RESISTENCIA (R)													5	10	20	30	40	50	60	70
MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (k)													LBS/PULG <sup>3</sup>							
													100	150	200	250	300	400	600	700
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG <sup>2</sup>																				
													10	20	30	40	50	60		
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100				

(Coronado, 2002)

Tabla 2. Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimas.

VELOCIDAD G°	RADIO	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120			
		Db=27		l:125	Db=30		l:140	Db=33		l:155	Db=37		l:170	Db=40		l:185	Db=43		l:200	Db=46		l:215	Db=50		l:230	Db=53		l:245	Db=56		l:260	
		e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	
1°	1145.92	BN	17	0°31'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°30'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'	
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	9.0	79	7°54'	9.9	94	9°24'	
3°	381.97	BN	17	2°33'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	69	10°21'	9.9	83	12°27'							
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	7.47	49	9°48'	9.1	65	13°00'	10.0	77	15°24'										
5°	229.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'													
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.6	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'																
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	16°54'	10.00	67	23°27'																
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																			
9°	127.32	3.1	17	7°38'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																			
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.00	61	30°30'																			
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																						
12°	95.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																						
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																						
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																						
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.00	56	42°00'																						
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																									
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																									
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																									
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																									
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	49°00'																									
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																									
22°	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																									
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																									
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																									
25°	45.84	7.9	36	45°00'																												
26°	44.07	8.1	37	48°08'																												
27°	42.44	8.3	37	49°57'																												
28°	40.93	8.5	38	53°12'																												
29°	39.51	8.7	39	56°33'																												
30°	38.20	8.9	40	60°00'																												
31°	36.97	9.0	41	63°33'																												
32°	35.81	9.2	41	65°36'																												
33°	34.73	9.3	42	69°18'																												
34°	33.70	9.4	42	71°24'																												
35°	32.74	9.5	43	75°18'																												
36°	31.83	9.6	43	77°24'																												
37°	30.97	9.7	44	81°24'																												
38°	30.18	9.8	44	83°34'																												

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

Dirección General De Caminos -(DGC-)

Tabla 3. Relación entre la pendiente máxima y la velocidad de diseño.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
CARRETERA SECUNDARIA	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
CARRETERA TERCIARIA	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

(Cárdenas, 2004)

Tabla 4. Valores de K para curvas según concavidad.

Velocidad de Diseño Km/h	K para curva cóncava (v)	K para curva convexa (^)	Distancia de Visibilidad de Parada
20	2	1	20
30	4	2	30
40	6	4	40
50	9	7	55
60	12	12	70
70	17	19	90
80	23	29	110
90	29	43	135
100	36	60	160
110	42	81	185
120	50	104	210

(Cárdenas, 2004)

Tabla 5. Características de las carreteras en estado final.

T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOM EN (m)	MÍNIMA (m)	RECOM EN (m)
3000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	5000 ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	3000 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	1500 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	900 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	50					75	8	55	70	250	300
	500 ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	A LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	100 ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Dirección General de Caminos- (DGC-)



Tabla 6. Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K.

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción k en kg/cm <sup>3</sup>
Limos arcillas plásticas	Bajo	2.0 – 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo arcilla	Medio	3.6 – 4.7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5.0 – 6.0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy Alto	6.9 – 11.0

(Salazar, 1997)

Tabla 7. Categorías de carga por eje.

CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE							
CATEGORÍA POR EJE	Cargados	Descripción	TPDA	TPPD		CARGA MÁXIMA POR EJE	
				%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1		Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (cajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2		Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3		Calles arteriales, carreteras primarias (medio), super carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4		Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

(Salazar, 1997)

Tabla 8. TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasa juntas).

	Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base		
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI						10.0	4.0		0.2	0.9
	11.5	4.5			0.1	11.5	4.5	2	8	25
	12.5	5.0	0.1	0.8	3	12.5	5.0	30	130	330
	14.0	5.5	3	15	45	14.5	5.5	320		
	15.0	6.0	40	160	430					
	16.5	6.5	330							
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	12.5	5.0		0.1	0.4	10.0	4.0			0.1
	14.0	5.5	0.5	3	9	11.5	4.5	0.2	1	5
	15.0	6.0	8	36	98	12.5	5.0	6	27	75
	16.5	6.5	76	300	760	14.5	5.5	73	290	730
	17.8	7.0	520			15.0	6.0	610		
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	14.0	5.5	0.1	0.3	1	11.5			0.2	0.6
	15.0	6.0	1	6	18	12.5	5.0	0.8	4	13
	16.5	6.5	13	60	160	14.0	5.5	13	57	150
	17.8	7.0	110	400		15.0	6.0	130	480	
	19.0	7.5	620							

(Salazar, 1997)

Tabla 9. TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 2, pavimentos con pasa juntas.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	14.0	5.5				5	13.0	5.0		3	9	42
	15.0	6.0		4	12	59	14.0	5.5	9	42	120	450
	16.5	6.5	9	43	120	490	15.0	6.0	96	380	970	3400
	18.0	7.0	80	320	840	3100	16.5	6.5	710	2600		
	19.0	7.5	490	1900			18.0	7.0	4200			
	20.0	8.0	2500									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	15.0	6.0				11	13.0	5.0			1	8
	16.5	6.5		8	24	110	14.0	5.5	1	8	23	98
	18.0	7.0	15	70	190	750	15.0	6.0	19	84	220	810
	19.0	7.5	110	440	1100		16.5	6.5	160	620	1500	5200
	20.0	8.0	590	2300			18.0	7.0	1000	3600		
	22.0	8.5	2700									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	16.5	6.5			4	19	14.0	5.5			3	17
	17.8	7.0		11	34	150	15.0	6.0	3	14	41	160
	19.0	7.5	19	84	230	890	16.5	6.5	29	120	320	1100
	20.0	8.0	120	470	1200		18.0	7.0	210	770	1900	
	22.0	8.5	560	2200			19.0	7.5	1100	4000		
	23.0	9.0	2400									

(Salazar, 1997)

Tabla 10. TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 2, pavimentos con trabazón de agregado en juntas.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI							12.5	5.0		3	9	42
	14.0	5.5				5	14.0	5.5	9	42	120	450
	15.0	6.0		4	12	59	15.0	6.0	96	380	700*	970*
	17.0	6.5	9	43	120	490	17.0	6.5	650*	1000*	1400*	2100*
	18.0	7.0	80	320	840	1200*	18.0	7.0	1100*	1900*		
	19.0	7.5	490	1200*	1500*							
	20.0	8.0	1300*	1900*								
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	15.0	6.0				11	12.5	5.0			1	8
	17.0	6.5		8	24	110	14.0	5.5	1	8	23	98
	18.0	7.0	15	70	190	750	15.0	6.0	19	84	220	810
	19.0	7.5	110	440	1100	2100*	17.0	6.5	160	620	1400*	2100*
	20.0	8.0	590	1900*			18.0	7.0	1000	3600		
	22.0	8.5	1900*									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	17.0	6.5			4	19	14.0	5.5			3	17
	18.0	7.0		11	34	150	15.0	6.0	3	14	41	160
	19.0	7.5	19	84	230	890	17.0	6.5	29	120	320	1100
	20.0	8.0	120	470	1200		18.0	7.0	210	770	1900	
	22.0	8.5	560	2200			19.0	7.5	1100			
	23.0	9.0	2400									

(Salazar, 1997)

Tabla 11. TPPD, Categoría de carga por eje No. 3, pavimentos con pasa juntas.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	18.0	7.5				250	17.0	6.5			83	320
	20.0	8.0		130	350	1300	18.0	7.0	52	220	550	1900
	22.0	8.5	160	640	1600	6200	19.0	7.5	320	1200	2900	9800
	23.0	9.0	700	2700	7000	11500*	21.0	8.0	1600	5700	13800	
	24.0	9.5	2700	10800			22.0	8.5	6900	23700*		
	25.0	10.0	9900									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI							17.0	6.5				67
	20.0	8.0			73	310	18.0	7.0			120	440
	22.0	8.5		140	380	1500	19.0	7.5		270	680	2300
	23.0	9.0	160	640	1700	6200	20.0	8.0	370	1300	3200	10800
	24.0	9.5	630	2500	6500		22.0	8.5	1600	5800	14100	
	25.0	10.0	2300	9300			23.0	9.0	6000			
	27.0	10.5	7700									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI							18.0	7.0				82
	22.0	8.5			70	300	20.0	7.5			130	480
	23.0	9.0		120	340	1300	21.0	8.0	67	270	670	2300
	24.0	9.5	120	520	1300	5100	22.0	8.5	330	1200	2900	9700
	25.0	10.0	460	1900	4900	19100	23.0	9.0	1400	4900	11700	
	27.0	10.5	1600	6500	17400		24.0	9.5	18600	18600		
	29.0	11.0	4900									

(Salazar, 1997)

Tabla 12. TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 3, pavimentos con trabazón de agregados.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI							18.0	7.0		220*	510	750
	19.0	7.5			60*	250*	19.0	7.5	320*	640	890	1400
	20.0	8.0		130*	350*	830	20.0	8.0	610	1100	1500	2500
	22.0	8.5	160*	640*	900	1300	22.0	8.5	950	1800	2700	4700
	23.0	9.0	680	1000	1300	2000	23.0	9.0	1500	2900	4600	8700
	24.0	9.5	960	1500	2000	2900	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	25.0	10.0	1300	2100	2800	4300	25.0	10.0	3500	7700		
	27.0	10.5	1800	2900	4000	6300	27.0	10.5	5300			
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	28.0	11.0	8100			
	29.0	11.5	3300	5500	7900							
31.0	12.0	4400	7500									
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	20.0	8.0			73*	310*	18.0	7.0			120*	440*
	22.0	8.5		140*	380*	1300	19.0	7.5	67*	270*	680*	1400
	23.0	9.0	160*	640*	1300	2000	20.0	8.0	370*	1100	1500	2500
	24.0	9.5	630*	1500	2000	2900	22.0	8.5	950	1800	2700	4700
	25.0	10.0	1300	2100	2800	4300	23.0	9.0	1500	2900	4600	8700
	27.0	10.5	1800	2900	4000	6300	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	25.0	10.0	3500	7700		
	29.0	11.5	3300	5500	7900		27.0	10.5	5300			
	30.0	12.0	4400	7500			29.0	11.0	8100			
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	20.0	8.0				56*	18.0	7.0				82*
	22.0	8.5			70*	300*	19.0	7.5			130*	480*
	23.0	9.0		120*	340*	1300*	20.0	8.0	67*	270*	670*	2300*
	24.0	9.5	120*	520*	1300*	2900	22.0	8.5	330*	1200*	2700	4700
	25.0	10.0	460*	1900*	2800	4300	23.0	9.0	1400*	2900	4600	8700
	27.0	10.5	1600*	2900	4000	6300	24.0	9.5	2300	4700	8000	
	28.0	11.0	2500	4000	5700	9200	25.0	10.0	3500	7700		
	29.0	11.5	3300	5500	7900		27.0	10.5	5300			
	30.0	12.0	4400	7500			28.0	11.0	8100			

(Salazar, 1997)

Tabla 13, TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con pasa juntas.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	20	8.0					18.0	7.0				400
	22.0	8.5		120	340	250*	19.0	7.5		240	620	2100
	23.0	9.0	140	580	1500	830	20.0	8.0	330	1200	3000	9800
	24.0	9.5	570	2300	5900	1300	22.0	8.5	1500	5300	12700	41100*
	25.0	10.0	2000	8200	18700*	2000	23.0	9.0	5900	21400	44900*	
	27.0	10.5	6700	24100*	31800*	2900	24.0	9.5	22500	52000*		
	29.0	11.0	21600	39600*		4300	25.0	10.0	45200*			
	30.0	11.5	39700*			6300						
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	22.0	8.5				310*	19.0	7.5			130	490
	23.0	9.0		120	340	1300	20.0	8.0		270	690	2300
	24.0	9.5	120	530	1400	2000	22.0	8.5	340	1300	3000	9900
	25.0	10.0	480	1900	5100	2900	23.0	9.0	1400	5000	12000	40200
	27.0	10.5	1600	6500	17500	4300	24.0	9.5	5200	18800	45900	
	28.0	11.0	4900	21400	53800*	6300	25.0	10.0	18400			
	29.0	11.5	14500	65000*		9200						
	30.0	12.0	44000									
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	20.0	9.0				260	20.0	8.0			130	480
	22.0	9.5			280	1100	22.0	8.5		250	620	2100
	23.0	10.0		390	1100	4000	23.0	9.0	280	1000	2500	8200
	24.0	10.5	320	1400	3600	13800	24.0	9.5	1100	3900	9300	30700
	25.0	11.0	1000	4300	11600	46600	25.0	10.0	3800	13600	32900	
	27.0	11.5	3000	13100	37200		27.0	10.5	12400	46200		
	28.0	12.0	8200	40000			28.0	11.0	40400			

(Salazar, 1997)

Tabla 14. TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con trabazón de agregados.

	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 650 PSI	20.0	8.0				270*	18	7.0			100*	400*
	22.0	8.5		120*	340*	990	19	7.5		240*	620*	910
	23.0	9.0	140*	580*	1100	1500	20	8.0	330*	770	1100	1700
	24.0	9.5	570*	1200	1600	2300	22.0	8.5	720	1300	1900	3100
	25.0	10.0	1100	1700	2200	3400	23.0	9.0	1100	2100	3200	5700
	27.0	10.5	1500	2300	3200	4900	24.0	9.5	1700	3400	5500	10200
	28.0	11.0	2000	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
33.0	13.0	6300	11100	16800								
36.0	14.0	10800										
MR= 42 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 600 PSI	22.0	8.5				300*	19.0	7.5			130*	490*
	23.0	9.0		120*	340*	1300*	20.0	8.0		270*	690*	1700
	24.0	9.5	120*	530*	1400*	2300	22.0	8.5	340*	1300*	1900	3100
	25.0	10.0	480*	1700	2200	3400	23.0	9.0	1100	2100	3200	5700
	27.0	10.5	1500	2300	3200	4900	24.0	9.5	1700	3400	5500	10200
	28.0	11.0	2000	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
	33.0	13.0	6300	11100	16800							
36.0	14.0	10800										
MR= 39 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 550 PSI	23.0	9.0				260*	20.0	8.0			130*	480*
	24.0	9.5			280*	1100*	22.0	8.5		250*	620*	2100*
	25.0	10.0		390*	1100*	3400	23.0	9.0	280*	1000*	2500*	5700
	27.0	10.5	320*	1400*	3200	4900	24.0	9.5	1100*	3400	5500	10200
	28.0	11.0	1000*	3300	4500	7200	25.0	10.0	2600	5500	9200	17900
	29.0	11.5	2700	4500	6300	10400	28.0	11.0	5900	13600	24200	
	30.0	12.0	3600	6100	8800	14900	30.0	12.0	12800			
	33.0	13.0	6300	11100	16800							
	36.0	14.0	10800									

(Salazar, 1997)



Tabla 15. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

Ángulo	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00
1	6.00	1.10	0.01
2	6.30	1.22	0.04
3	6.62	1.35	0.06
4	6.97	1.49	0.10
5	7.34	1.64	0.14
6	7.73	1.81	0.20
7	8.15	2.00	0.27
8	8.60	2.21	0.35
9	9.09	2.44	0.44
10	9.61	2.69	0.56
11	10.16	2.98	0.69
12	10.76	3.29	0.85
13	11.41	3.63	1.04
14	12.11	4.02	1.26
15	12.86	4.45	1.52
16	13.68	4.92	1.82
17	14.60	5.45	2.18
18	15.12	6.04	2.59
19	16.56	6.70	3.07
20	17.69	7.44	3.64
21	18.92	8.26	4.31
22	20.27	9.19	5.09
23	21.75	10.23	6.00
24	23.36	11.40	7.08
25	25.13	12.72	8.34

Ángulo	Nc	Nq	Ny
26	27.09	14.21	9.84
27	29.24	15.90	11.60
28	31.61	17.81	13.70
29	34.24	19.98	16.18
30	37.16	22.46	19.13
31	40.41	25.28	22.65
32	44.04	28.52	26.87
33	48.09	32.23	31.94
34	52.64	36.50	38.04
35	57.75	41.44	45.41
36	63.53	47.16	54.36
37	70.01	53.80	65.27
38	77.50	61.55	78.61
39	85.97	70.61	95.03
40	95.66	81.27	115.31
41	106.81	93.85	140.51
42	119.67	108.75	171.99
43	134.58	126.50	211.56
44	151.95	147.74	261.60
45	172.28	173.28	325.34
46	196.22	204.19	407.11
47	224.55	241.80	512.84
48	258.28	287.85	650.67
49	298.71	344.63	831.99
50	347.50	415.14	1072.80

(Das, 2001)

Tabla 16. Diseño de curvas Horizontales para el proyecto: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje las lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón grande, Malacatancito, Huehuetenango.

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	G <sub>c</sub>
C1	32°49'49.96"	32.740	18.760	9.646	18.505	35°0'0"
C2	16°59'32.84"	114.592	33.985	17.118	33.860	10°0'0"
C3	06°28'58.90"	114.592	12.966	6.490	12.959	10°0'0"
C4	12°39'46.55"	114.592	25.326	12.715	25.274	10°0'0"
C5	63°58'10.43"	19.099	21.323	11.927	20.233	60°0'1"
C6	21°38'18.06"	38.197	14.426	7.300	14.340	30°0'0"
C7	13°23'30.45"	114.592	26.784	13.453	26.723	10°0'0"
C8	14°34'19.89"	76.394	19.430	9.768	19.377	15°0'0"
C9	129°24'35.31"	5.730	12.941	12.124	10.360	200°0'3"
C10	140°17'4.01"	9.167	22.446	25.383	17.244	125°0'2"
C11	14°13'18.35"	572.958	142.218	71.476	141.853	02°0'0"
C12	08°51'24.81"	114.592	17.714	8.875	17.696	10°0'0"
C13	08°16'43.97"	114.592	16.558	8.293	16.543	10°0'0"
C14	28°53'47.99"	114.592	57.793	29.525	57.183	10°0'0"
C15	10°31'3.01"	114.592	21.035	10.547	21.005	10°0'0"
C16	31°3'23.41"	57.296	31.057	15.920	30.678	20°0'0"
C17	25°21'28.75"	38.197	16.905	8.593	16.768	30°0'0"
C18	43°54'53.79"	28.648	21.957	11.550	21.424	40°0'1"
C19	08°54'6.86"	114.592	17.804	8.920	17.786	10°0'0"
C20	20°7'55.89"	38.197	13.421	6.781	13.353	30°0'0"

Fuente: Civil Cad 2014

Tabla 17. Diseño de Curvas Verticales para el Proyecto: Propuesta de plan para aplicación de pavimento rígido en infraestructura vial de la ruta que conduce del paraje las lajas, municipio de Momostenango, Totonicapán, hacia el caserío Patuitichaj, aldea Xepón grande, Malacatancito, Huehuetenango.

TABLA DE CURVAS VERTICALES												
No. Curv	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	Delta	Velocidad (km/h)	Tipo de Curva	Valor de K	Criterios Longitud de Curva Vertical				Longitud de Curva	Ordenada Media
							Apariencia	Comodidad	Drenaje	Seguridad		
1	0	9.3787	9.3787	30	Cóncava	4	281.361	21.3691899	403.2841	37.5148	10	0.11723375
2	9.3787	8.0677	1.311	30	Convexa	2	39.33	2.98708861	56.373	2.622	10	0.0163875
3	8.0677	2.2309	5.8368	30	Convexa	2	175.104	13.299038	250.9824	11.6736	10	0.07296
4	2.2309	11.9174	9.6865	30	Cóncava	4	290.595	22.0705063	416.5195	38.746	10	0.12108125
5	11.9174	10.5783	1.3391	30	Cóncava	4	40.173	3.05111392	57.5813	5.3564	35	0.05858563
6	10.5783	1.0774	9.5009	30	Convexa	2	285.027	21.6476203	408.5387	19.0018	10	0.11876125
7	1.0774	5.7615	4.6841	30	Cóncava	4	140.523	10.6726329	201.4163	18.7364	10	0.05855125
8	5.7615	12.6287	6.8672	30	Cóncava	4	206.016	15.6467848	295.2896	27.4688	10	0.08584
9	12.6287	15.6378	3.0091	30	Cóncava	4	90.273	6.85617722	129.3913	12.0364	295	1.10960563
10	15.6378	14.1033	1.5345	30	Convexa	2	46.035	3.49632911	65.9835	3.069	20	0.0383625
11	14.1033	9.625	4.4783	30	Convexa	2	134.349	10.2037215	192.5669	8.9566	10	0.05597875
12	9.625	1.0817	8.5433	30	Convexa	2	256.299	19.4657468	367.3619	17.0866	10	0.10679125
13	1.0817	-4.1118	5.1935	30	Convexa	2	155.805	11.8332911	223.3205	10.387	10	0.06491875
14	-4.1118	-16.5842	12.4724	30	Convexa	2	374.172	28.4181266	536.3132	24.9448	10	0.155905
15	-16.5842	12.8949	29.4791	30	Cóncava	4	884.373	67.1675696	1267.6013	117.9164	10	0.36848875

Fuente: Civil cad 2014

Nota. los valores para “K” se encuentran en la tabla NO. 4 del anexo 5.4