

Cristian Yhosimar Colop Calderón.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO
QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA
CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO
QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA
CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Cristian Yhosimar Colop Calderón

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, noviembre 2022.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO
QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA
CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO.



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, noviembre 2022.

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 “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango”.

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 los profesionales de diferentes instituciones nacionales y municipales dedicadas al control vehicular y vía pública.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

- a. Servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que requieran información sobre el tema de estudio.
- b. Ser aplicable como alternativa de solución para otra localidad en condiciones similares.
- c. Proponer una solución práctica basada en los conocimientos de obra civil adquiridos en las clases universitarias.

El propósito fundamental de la presente investigación es mejorar las condiciones de tránsito vehicular y peatonal sobre el tramo vial del área 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 “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar las condiciones de tránsito vehicular y peatonal en el camino de la zona 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 accidentes viales y peatonales por malas condiciones del camino como consecuencia principal de faltar proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a las autoridades correspondientes en función de la implementación de un proyecto para mejorar las condiciones del camino por medio de la pavimentación.

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

Índice general.

Número.	Contenido.	Página.
	Prólogo	
	Presentación	
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	Específicos	3
I.4	Justificación	4
I.5	Metodología.....	5
I.5.1	Métodos	5
I.5.2	Técnicas	8
II.	MARCO TEÓRICO	9
II.1	Aspectos conceptuales.....	9
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	72
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
IV.1	Conclusiones.....	83
IV.2	Recomendaciones	84
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

Índice de cuadros.

Número.	Contenido.	Página.
Cuadro 1.	Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado	45
Cuadro 2.	Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar	57
Cuadro 3.	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....	57
Cuadro 4.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados	57
Cuadro 5.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos.....	60
Cuadro 6.	Resumen de normas de calidad para pavimentos	68
Cuadro 7.	Accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.....	73
Cuadro 8.	Tiempo presentándose accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio	74
Cuadro 9.	Cantidad de incremento de accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio durante el último año.....	75
Cuadro 10.	Dificultades en tránsito por incremento accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio	76
Cuadro 11.	Malas condiciones en camino de la zona de estudio como precursor del incremento accidentes viales y peatonales.....	77
Cuadro 12.	Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.....	78
Cuadro 13.	Necesidad de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.....	79
Cuadro 14.	Calidad de vida de los habitantes del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino	80
Cuadro 15.	Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.....	81
Cuadro 16.	Economía del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino	82

Índice de gráficas.

Número.	Contenido.	Página.
Gráfica 1.	Accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango	73
Gráfica 2.	Tiempo presentándose accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio	74
Gráfica 3.	Cantidad de incremento de accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio durante el último año	75
Gráfica 4.	Dificultades en tránsito por incremento accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio.....	76
Gráfica 5.	Malas condiciones en camino de la zona de estudio como precursor del incremento accidentes viales y peatonales	77
Gráfica 6.	Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix	78
Gráfica 7.	Necesidad de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio	79
Gráfica 8.	Calidad de vida de los habitantes del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.....	80
Gráfica 9.	Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio	81
Gráfica 10.	Economía del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.....	82

Índice de figuras.

Número.	Contenido.	Página.
Figura 1.	Fórmula general de diseño de pavimento rígido.....	43
Figura 2.	Junta de expiación con o sin barra de transferencia	53
Figura 3.	Transversales de contracción.....	53

Índice de ilustraciones.

Número.	Contenido.	Página.
Ilustración 1.	Camino rural de Serraduy a la Sierra de Sis	23
Ilustración 2.	Carretera en Niigata, Japón.....	29
Ilustración 3.	Sección típica de un pavimento	34

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 camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, sobre mal estado de tramo vial, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema, su causa y efectos, con la finalidad de proponer la implementación de un proyecto de pavimentación rígida.

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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, por malas condiciones del tramo vial, producto de faltar proyecto para aplicación de pavimento rígido; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha perjudicado el tránsito vehicular y peatonal normal de los usuarios del camino.

El incremento de accidentes e incidentes vehiculares y peatonales sobre este camino, hace referencia a que los percances viales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento de vehículos y atropello de peatones, se han disparado en los últimos cinco años, por lo que el paso por el tramo se ha vuelto peligroso y hace vulnerable a todo aquel que necesiten transitar desde el casco urbano hasta la comunidad, por ende, el tránsito se ha visto perjudicado y en ocasiones hasta interfiere con la actividad comercial de la zona.

Este efecto se ha percibido por mal estado del camino de la zona, puesto que actualmente se cuenta únicamente con un camino de terracería que ha sido descuidado por la administración municipal, por lo que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo propiciándose el aparecimiento de baches, hundimientos, derrumbes y zanjas por escorrentía pluvial agravándose durante en la época lluviosa.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido, con el que se mejore su infraestructura vial del tramo carretero y se facilite el tránsito por el área.

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 vía de paso en óptimas condiciones.

I.2 Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.

Hipótesis causal.

“El incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

Hipótesis interrogativa.

¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino?

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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

I.3.2 Específico.

Mejorar estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

I.4 Justificación.

Actualmente, en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, se reportaron un total de 12 accidentes viales y peatonales en el camino, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, cuando solo se presentaron 4 percances, esto repercute en el bienestar de los habitantes del área, puesto que transitar por el área en vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa y de absoluta necesidad para abastecer su comunidad.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los accidentes viales y peatonales se incrementan en un 21.05% al año, esto por el mal estado del camino del área, a causa de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Esta situación tenderá al incremento de los accidentes viales y peatonales en el tramo carretero en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que los percances reportados para el año 2026 serán 21.

Por lo tanto, se cataloga como urgente implementar como solución del problema una propuesta para la construcción de una carretera de tipo pavimento rígido, que facilite la circulación de vehículos y peatones, con lo que se ofrecerá mayor seguridad a los pilotos, tripulantes y transeúntes. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas sino también preservar el patrimonio de los usuarios al reducirse daños materiales, esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad que cuenta con el camino como único medio de comunicación vial.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta para pavimentar el camino 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.

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 a 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 de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango. Las técnicas utilizadas fueron:

a) Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el camino de la zona de estudio, a cuyo efecto se observó las malas condiciones del tramo vial, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso de conductores de vehículos y motocicletas, así como a los peatones; se examinó también sobre las principales causas del problema, por último, las acciones implementadas por las autoridades municipales para dar solución al problema.

b) 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.

c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los profesionales de las instituciones de supervisión de tramos viales, así como los profesionales 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 camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix 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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

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:

a) 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.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del censo estadístico para evaluar tanto la población efecto (variable Y), como la población causa (variable X); se hizo uso de esta técnica, puesto que las poblaciones identificadas se componían únicamente de 13 y 5 elementos respectivamente, con lo que se establece que el nivel de confianza para la comprobación de los dos casos será del 100% y el margen de error de 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 a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; 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 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 la misma. 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 investigativa concierne al segmento teórico y documental de autores que han explicado y generado una base científica que ayuda a entender mejor el tema y generar 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 así sustentar las definiciones conceptuales.

II.1. Aspectos conceptuales.

Accidentes.

Accidente es un suceso no planeado y no deseado que provoca un daño, lesión u otra incidencia negativa sobre un objeto o sujeto. Para tomar esta definición, se debe entender que los daños 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 de una acción tomada. (Robertson, 2015).

La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable. El sentido más común de la palabra hace referencia a acciones involuntarias que dañan a seres humanos. En este sentido, el grupo que genera mayor mortalidad es el de los accidentes de tránsito. (Robertson, 2015).

Es posible clasificar los accidentes de distintas maneras según dónde ocurran. De esta manera se puede hablar de los accidentes hogareños (como una quemadura con aceite en la cocina), los accidentes de tránsito (dos coches que chocan en la calle) o los accidentes laborales (un obrero de la construcción que tropieza y se cae de un andamio). (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

Esta última acepción da lugar a mucha controversia en el ámbito empresarial, ya que la contratación en negro supone la ausencia de un seguro de riesgos de trabajo. Gracias a la desinformación, la mejor amiga de los explotadores, millones de empleados no saben que se considera accidente de trabajo a aquel que tiene lugar tanto mientras se encuentran en su puesto como durante el viaje de ida a la oficina y de vuelta al hogar. (Taylor, Easter, & Hegney, 2006).

Accidentes viales.

Un accidente de tráfico o tránsito, colisión/incidente/siniestro vial o automovilístico, entre otros términos, es un suceso que ocurre generalmente cuando un vehículo colisiona contra uno o más sectores de la vialidad (otro vehículo, peatón, animal, escombros del camino) u otra obstrucción estacionaria como un poste, un edificio, un árbol, entre otros. (Pérez, 2016).

Estos accidentes a menudo resultan en daños materiales (daños a los vehículos involucrados o al objeto investido), daños humanos (lesiones de diversa gravedad, discapacidad o muerte), así como costos financieros tanto para la sociedad como para las personas involucradas. (Pérez, 2016).

Estos no son aleatorios ni imprevisibles, y usualmente están acompañados por corresponsabilidades, como pueden ser ajenas al conductor (falta de señalización adecuada, carencia de iluminación en las calles, falla mecánica del vehículo, la mala construcción o el mal estado de una calle/avenida, etc.), así como propios del o los conductores en cuestión (no respetar las señales de tránsito, conducir en estado de ebriedad u otros efectos de estupefacientes, distracciones como utilizar el celular mientras se maneja, conducir a exceso de velocidad, realizar maniobras peligrosas, etc.). (Tabasso, 2009).

Si bien, en la mayoría de los siniestros no se generaliza la culpabilidad, aunque no hay intención de lastimar, hay culpa. Por ejemplo, un conductor en estado de ebriedad atropella peatones por accidente, sin embargo, sabe que es ilegal manejar en ese estado, así como el hecho de que encontrarse en estado etílico reduce sus capacidades de maniobra, por lo que el hecho vial deja de ser impredecible o inevitable. (Gonzalez Gonzalez, 2011).

Tipos de incidentes de tránsito. Solo puede hablarse de incidente involuntario cuando se alude a la parte pasiva de la acción, es decir, a quien se involucra en un siniestro de tránsito sin poder evitarlo. Porque, salvo la intervención de la naturaleza, o a procesos orgánicos fisiológicos del ser humano, gran parte de los siniestros son prevenibles y evitables. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

Un porcentaje menor de ellos se debe a fallas de fabricación de vehículos, lo cual no excluye atribuirles un "error humano consciente". Posteriores investigaciones de estos "incidentes" han corroborado esta afirmación. Los hechos de tráfico tienen diferentes escalas de gravedad, el tipo más grave se considera aquel del que resultan víctimas mortales, bajándose la escala de gravedad cuando hay heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados. (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

También pueden clasificarse los accidentes al número y tipo de vehículos involucrados, según esta categoría podríamos clasificar los accidentes en las siguientes categorías: (Abbas, Hefny, & Abu-Zidan, 2011).

- a. Salidas de la vía, vuelco y pérdida de control.
- b. Arrollamientos (atropellamientos).
- c. Colisiones (choques) entre dos vehículos.
- d. Colisiones múltiples o en cadena.

Causas. Siempre hay una causa desencadenante que produce un hecho vial, que se puede agravar de forma considerable si por él resultan afectadas otras personas, además de la persona que lo desencadena. Asimismo, un accidente puede verse agravado si no se ha hecho uso adecuado de los medios preventivos que no lo evitan, pero reducirían su gravedad. Por ejemplo, no llevar ajustado el cinturón de seguridad o no llevar puesto el casco si se conduce una motocicleta o bicicleta. Las causas de los accidentes suelen ocurrir principalmente por los siguientes factores: (Bartl & Hager, 2006).

1. Factor humano: los factores humanos son la causa del mayor porcentaje de hechos de tránsito. Pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor causante, según la legislación de tránsito de cada país. (Bartl & Hager, 2006).

- a. Conducir bajo los efectos del alcohol (mayor causalidad de hechos viales), medicinas y estupefacientes.
- b. Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor.
- c. Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos (Choque frontal muy grave).
- d. Desobedecer las señales de tránsito, por ejemplo pasar un semáforo con luz roja o no detenerse frente a una señal de alto.
- e. Circular por el carril contrario (en una curva o en un cambio de rasante).
- f. Conducir a exceso de velocidad (produciéndose vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes).
- g. Usar inadecuadamente las luces del vehículo, especialmente en la noche.
- h. Condiciones no aptas de salud física y mental/emocional del conductor o del peatón (ceguera, daltonismo, sordera, etc.).
- i. Peatones que cruzan por lugares de riesgo con la intención de lastimarse a sí mismos, lanzan objetos resbaladizos al carril de circulación (aceites, piedras).
- j. Inexperiencia del conductor al volante.
- k. Fatiga del conductor como producto de la apnea o falta de sueño.

1. Conducir distraído por usar el móvil al conducir, etc.

2. Factor mecánico: (Bartl & Hager, 2006).

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

b. Mantenimiento inadecuado del vehículo.

c. Fallas súbitas (estallido de neumáticos, desprendimiento de piezas, rotura de correas del motor, etc.).

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

a. Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.

b. Semáforo que funciona incorrectamente.

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

Consecuencias. Existen una cantidad de posibles consecuencias que resultan de un accidente de tránsito, ya sea por un pequeño roce o por un choque devastador. Los hechos viales ocasionan numerosos costes sociales, no solo en pérdida de vidas sino también en forma de lesiones temporales o permanentes a personas involucradas en accidentes de tráfico. (Begault, 2017).

Además, frecuentemente las lesiones permanentes acarrear fuertes costes económicos tanto al estado, como a las compañías aseguradoras como a los individuos que los padecen. Se estima que, a principios del siglo XXI, cada año se producen entre 1,5 y 2 millones de muertos por causa de accidentes de tráfico, y en muchos países desarrollados constituye la principal causa de muerte entre los menores de 25 años. (Begault, 2017).

Actualmente Bangkok es la ciudad con más accidentes de tránsito del mundo. En América Latina la Ciudad de Vadalcardar tiene el mayor número de muertes en

carretera, se estima que por hora mueren 2,1 personas y otras 130 resultan heridas. (Begault, 2017).

La siniestralidad o peligrosidad tiene que ver con la probabilidad de ocurrencia de accidentes en un determinado tramo de carretera, un determinado tipo de vehículo o un grupo determinado de conductores. Por otra parte, la vulnerabilidad tiene que ver con la posible ocurrencia de daños en caso de ocurrencia de accidente. Los elementos de seguridad pasiva y seguridad activa de los vehículos modernos se han previsto para disminuir la vulnerabilidad de las personas involucradas en accidentes. (Begault, 2017).

En la mayor parte de países desarrollados se ha observado, en gran parte por la mejora de la seguridad de los vehículos, que el riesgo mortal por accidente ha disminuido, es decir, en caso de accidente se ha disminuido notablemente la probabilidad de muerte. Sin embargo, aunque ha disminuido la mortalidad, la proporción de lesionados (heridos que no fallecieron) en parte ha aumentado. (Begault, 2017).

En gran parte los fallecimientos en accidentes de tráfico están asociados a traumatismos craneoencefálicos, a traumas torácicos y a laceración de órganos internos. Entre los heridos además de si son graves (riesgo de muerte) o leves (sin riesgo de muerte), debe distinguirse también entre heridos con lesiones permanentes y heridos con lesiones pasajeras. (Begault, 2017).

Peatón.

El peatón es la persona que, transita a pie por espacios públicos. Además, también son peatones aquellos que empujan o arrastran un coche de niño, persona discapacitada o cualquier otra persona en otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones, los que conducen a pie un ciclo o ciclomotor de dos ruedas y los impedidos que circulan al paso en silla de ruedas, con o sin motor. (Fernández, 2016).

En espacios cerrados, no se usa este término por ser todos peatones. A los usuarios que utilizan bicicleta se les llama ciclistas, a los usuarios de automóviles automovilistas, a los de motos motoristas y así sucesivamente. Dentro de los medios de transporte estos son los más importantes, ya que son utilizados en viajes, por lo que se les permite el acceso a los aparcamientos y a los lugares de destino, independiente del medio de transporte utilizado. (Fernández, 2016).

Modo de transporte. Es necesario considerar los principios de transporte sostenible, los viajes que se llevan a cabo a pie en las ciudades serían los que en primera instancia las personas desearían, ya que tienen beneficios en la salud por la actividad física que conlleva y no generan exposiciones de gases efecto invernadero. (Márquez, 2014).

Por otra parte, la velocidad de un peatón oscila entre 3 y 4,5 kilómetros por hora en caminata, esta varía al trotar o correr, esta puede ser superior a 10 km/h. Por la baja velocidad que posee una persona al caminar limitan a que las distancias que pueden recorrer sean reducidas, pues movilizarse a través de este medio es una inversión que requiere de tiempo disponible. Otra limitación es que una persona no tiene capacidad para poder cargar diferentes objetos, la capacidad de carga es reducida en comparación a una bicicleta o un auto, ya que en estos pueden cargar más cosas. (Márquez, 2014).

De este modo por ser sólo una eventualidad para viajes muy cortos, es frecuentemente considerado como un modo auxiliar, se debe complementar con otros medios para movilizarse. Tal es el caso del transporte público, ya que se necesita la caminata para dirigirse a su acceso, las transferencias, y el egreso. Se ha demostrado recientemente que tener estaciones de transporte público dentro de distancias caminables aumenta los viajes en estos modos. (Márquez, 2014).

Accidentes peatonales.

Un accidente peatonal es el momento en que un vehículo de motor impacta a una persona que viaja o camina a pie. Este tipo de accidente se sabe que sucede cerca de intersecciones, pero también puede ocurrir en cualquier lugar a lo largo de las carreteras, calles e incluso en estacionamientos. (Leeke, 2017).

En la mayoría de veces el peatón tiene el derecho de paso, pero este en pocas ocasiones es respetado, por lo que los peatones deben ser cautelosos de sus caminos y no pueden simplemente caminar dondequiera. Como peatón, siempre se debe utilizar un cruce de peatones al cruzar la calle y asegurarse de que todos los automóviles y demás transportes, han llegado a una parada. (Leeke, 2017).

El cuerpo humano tiene una capacidad distinguida y limitada de tolerar impactos de vehículos: A 30 km/h la probabilidad de sobrevivir es del 90%, pero un atropello a 50 km/h sería equivalente a una caída desde un cuarto piso, en base a este dato el porcentaje de peatones que sobrevive un impacto de tal magnitud tiene pocas posibilidades de sobrevivir. (Portabales, Guerrero, Sánchez, & Velásquez, 2018).

Las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) permiten hacerse una idea más amplia de la importancia de la seguridad vial en todo el mundo. De acuerdo con las estimaciones globales de las muertes por incidentes viales, en 2013 perdieron la vida más de 270.000 peatones, lo que representa casi un quinto del total de muertos. En Estados Unidos, se registró, entre 2009 y 2016 el número de peatones fallecidos aumentó en un 46%, según el Insurance Institute for Highway Safety. Este incremento se debe a la expansión de vías rápidas arteriales en zonas urbanas y suburbanas, pues en estas zonas no tienen por costumbre la práctica de las normas establecidas de tránsito. (Portabales, Guerrero, Sánchez, & Velásquez, 2018).

Causas de incidentes peatonales. Aunque se camine con precaución por la acera y utilice los cruces de peatones, no se cuenta con protección total frente a posibles accidentes. Si el conductor de un vehículo se comporta de manera negligente e imprudente, los peatones pueden sufrir percances que provoquen lesiones graves e incluso la muerte, dentro de estas negligencias encontramos: (Barrera, 2020).

- a. Conducir de manera imprudente, con exceso de velocidad, en zigzag entre carriles o utilizándose carriles peatonales para evitar el tráfico.
- b. No encender las luces del auto cuando oscurece.
- c. Conducir bajo los efectos del alcohol o drogas.
- d. Distraerse al volante con enviar mensajes de texto, hablar por teléfono, comer o cambiar de estación de radio.

Estas y las malas condiciones del clima también pueden jugar un papel fundamental en un incidente peatonal. Las carreteras mojadas, resbalosas o aceitosas pueden hacer que los conductores pierdan el control de su vehículo y atropellen a un peatón, sin que esto esté planificado. (Barrera, 2020).

Indicadores del incremento de accidentes viales y peatonales.

En los países donde existe un control estricto del tránsito se manejan indicadores de seguridad vial, con el fin de analizar la situación del país, esto permite tomar medidas sobre el tránsito o a su vez verificar si las medidas ya tomadas han dado el resultado deseado, de lo contrario realizan modificaciones para minimizar riesgos. (Pérez Peñalva, 2009).

Sistemas de indicadores de seguridad vial. Los factores causantes de los accidentes de tránsito se pueden clasificar en tres dimensiones, como se lee a continuación: (Pérez Peñalva, 2009).

- a. Factor humano.

- b. Factor vehículo.
- c. Factor carretera.

Estas dimensiones son siempre invariables en un accidente de tránsito, pero la importancia e incidencia de cada una de ellas es diferente, el factor humano es el más importante debido a que, es quien lleva a cabo el control de movilizarse en un vehículo y por tanto la situación específica en que se genera un accidente de tránsito, recaen en sus hombros. (Pérez Peñalva, 2009).

Indicadores de factores asociados a los accidentes de tránsito.

Indicadores de comportamiento de usuarios: es conocida la gran incidencia del factor humano (conductor o peatón) en el desencadenamiento de los accidentes, debido a que en la mayoría de los accidentes se registra un fallo humano. (Villaruel Ortiz, 2013).

1. Dentro de los indicadores de accidentes causados por el conductor. El índice de accidentes causados por el conductor deriva del siguiente listado: (Villaruel Ortiz, 2013).

- a. Embriaguez.
- b. Exceso de velocidad.
- c. Impericia/imprudencia del conductor.
- d. Invasión de carril.
- e. Mal estacionado.
- f. No respetar las señales de tránsito.
- g. Pasar semáforo en rojo.

Para calcular el índice de accidentes causados por el conductor (I_{acc}) se realiza la siguiente relación: (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{acc} = \frac{T_{ac}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

T_{na} = Total Nacional de accidentes.

T_{ac} = Total de accidentes de tránsito causados por el conductor.

2. El porcentaje de accidentes causados por el peatón. Este se refiere al porcentaje de accidentes que son fruto de la impericia o ligereza de los involucrados no conductores. Es de vital importancia incluir los accidentes de tránsito producidos por el comportamiento equivocado de los peatones, debido a la importancia de estos actores en la movilidad de las carreteras y no centrar tan definitivamente las causas de los accidentes de tránsito al conductor, observándose con mayor atención el comportamiento del peatón, pues con sus acciones él mismo puede provocar el siniestro. (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{ap} = \frac{T_{ap}}{T_{na}} \cdot (100)$$

Donde:

T_{na} = Total Nacional de accidentes.

T_{ap} = Total de accidentes de tránsito causados por el peatón.

3. Usuarios vulnerables. En este indicador de mortalidad es importante determinar cuántos de estos fallecidos resultan ser usuarios vulnerables (ciclistas, motociclistas y peatones), con lo que se pueden tomar las medidas para proteger a este grupo de personas, creando ciclo vías y al fortalecer la educación vial, la siguiente tabla muestra la fórmula para casar los índices de cada comunidad, que sirven de referencia. (Villarroel Ortiz, 2013).

$$I_{uv} = \frac{T_{muv}}{Mat} \cdot (100)$$

Dónde:

T_{muv} = Total de muertes de usuarios vulnerables.

Mat = Número de muertos en accidentes de tránsito.

Estos indicadores se pueden calcular individualmente, es decir, reemplazar T_{muv} ya sea por el total de ciclistas, motociclistas o peatones muertos para obtener el dato. (Villarroel Ortiz, 2013).

Indicadores de vehículos: la seguridad del automóvil evoluciona continuamente, cada día salen nuevos sistemas de seguridad independientes que se complementan o evolucionan. Todos estos cambios y novedades se deben aceptar y, sobre todo, incorporarlos en los vehículos. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

1. Porcentaje de vehículos nuevos. Este porcentaje de vehículos nuevos que ingresan cada año, tienen la particularidad de que se les puede medir efectivamente la seguridad general del parque vehicular debido a que el desarrollo por parte de los fabricantes de automóviles se le da seguimiento, dato que es utilizado como estrategia de venta. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

$$P_{vn} = \frac{V_n}{P_v} \cdot (100)$$

Donde:

V_n = Número de vehículos nuevos.

P_v = Número de vehículos del parque automotor.

2. La fórmula para obtener el indicador de accidentes según tipo de vehículo. Es el porcentaje de vehículos según un tipo específico que se encuentran involucrados en

accidentes de tránsito respecto al total de vehículos accidentados. (Vargas Sanabria & Solano Calderón, 2010).

$$Ptv = \frac{Atv}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Atv= Accidentes por cada tipo de vehículo.

Tna = Total nacional de accidentes.

Indicadores de vías: el estado de las vías posee un bajo porcentaje como factor causante de accidentes de tránsito, sin embargo, tiene participación debido a que es un factor tácito ya que su estado es percibido por el conductor y su forma de conducción. (Salazar Velásquez, 2012).

1. El indicador de accidentes por red vial: los accidentes de tránsito que se producen en todas las vías del país se pueden identificar a través de la cantidad de accidentes que se registran a diario, en el Ecuador existen tres tipos de vías que son: red vial estatal, red vial provincial y red vial cantonal, en Guatemala el sistema es similar por lo que puede utilizar la misma fórmula. (Salazar Velásquez, 2012).

$$Iarv = \frac{Acrv}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Acrv= Número de accidentes por red vial.

Tna = Total nacional de accidentes.

2. Indicador de accidentes según la clase de vía. Es el porcentaje de accidentes ocurridos en cada una de las clases de vías de la jerarquización vial, los mismos que pueden ser: arterial, colectora, carretera, avenida, camino, autopista, calle o callejón, la fórmula para llevar su índice es la siguiente. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{jv} = \frac{Acv}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Acv= Número de accidentes por cada clase de vía.

Tna = Total nacional de accidentes.

3. Indicador según superficie de vía. Este indicador identifica la superficie de vía en donde se producen mayoritariamente los accidentes, estos tipos de superficie son: carpeta asfáltica, hormigón, tierra, material granular, empedrado, tratamiento superficial y adoquín. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{sv} = \frac{Asv}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Asv= Número de accidentes por superficie de vía.

Tna = Total nacional de accidentes.

4. Indicador de accidentes por estado vial. El estado de vía es un factor importante que puede influir en el suceso de un accidente de tránsito, debido a que un bache puede ocasionar el desvío de un automóvil en movimiento, por lo que se ha dividido el estado de vía en bueno, regular y malo, para facilitar obtener los datos. (Salazar Velásquez, 2012).

$$I_{aev} = \frac{Aev}{Tna} \cdot (100)$$

Donde:

Aev= Número de accidentes por estado de vía.

Tna = Total nacional de accidentes.

Caminos.

El camino, en sentido amplio, se designa a toda vía de comunicación entre dos puntos; en sentido más usado, se aplica a las vías terrestres de comunicación. Estos son bienes de dominio público, del Estado, el municipio, y de aprovechamiento común. Término que tomo fuerza desde tiempos remotos. (Espasa, 1940).

Las funciones de la administración pública con respecto a los caminos pueden reducirse a tres: (Espasa, 1940).

- a) Construirlos y repararlos.
- b) Conservar su propiedad.
- c) Regular el aprovechamiento común.

Ilustración 1. Camino rural de Serraduy a la Sierra de Sis.



Fuente: Guerola, 1998.

Cabe destacar que mientras los pueblos fueron relacionándose entre sí, se establecieron caminos para facilitar la comunicación, de los cuales más adelante se establecerían reglas de policía para su conservación y aseo. Se dice que los persas tuvieron tres caminos principales muy buenos, de ahí surgen los primeros modelos. (Espasa, 1940).

Según Diodoro de Sicilia y Semíramis establecieron por todos en sus estados una especie de caminos o vías militares en donde se hizo rebajar colinas, rellenar valles y fosos y formar diques y calzadas elevadas, para su construcción.

Asimismo, Justino asegura que Jerjes empleó sumas considerables para la construcción de caminos rudimentarios, pero de uso público. (Espasa, 1940).

Caminos rurales. Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas, para movilizarse y así facilitar el mercado regional, estos se denominan caminos terciarios, secundarios y de penetración. Regularmente, no son pavimentados, o tienen una capa delgada de asfalto; se caracterizan por ser angostos y de curvas más cerradas, de la misma manera las cuestas son más empinadas que las de las carreteras. Pueden ser de toda estación o sólo temporales y a menudo, tienen vados o transbordadores en vez de puentes. (Banco Mundial, 2014).

Ubicación del camino: La ubicación es la decisión más crítica en cuanto a su construcción, que determinará, el tipo y la magnitud de los impactos ambientales y sociales que causarán, posterior al desarrollo del proyecto. Dentro de los caminos rurales que más afectan el entorno se encuentran: (Banco Mundial, 2014).

- a) Atraviesan las tierras de los pueblos indígenas; o terrenos silvestres críticos.
- b) Los que alteran el equilibrio natural en zonas con potenciales peligros naturales; áreas que constituyen el hábitats de la fauna silvestre.
- c) Los que se construyen en áreas no idóneas para los cambios de uso del suelo.

Impactos sociales positivos: Dentro de la construcción se encuentran diversos beneficios para la gente local, como, por ejemplo: (Banco Mundial, 2014).

- a) Mayor acceso a los mercados.
- b) 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.
- c) Aumenta el valor de los terrenos próximos a causa el uso más intensivo de la tierra.

- d) Mayores oportunidades de empleo.
- e) Cambios en los usos y métodos agrícolas que conllevan un incremento 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: Estos son los principales inconvenientes que surgen a causa de la construcción o modificación sustancial de la red de caminos rurales y se detallan a continuación: (Banco Mundial, 2014).

- a) Suelen, subir los arriendos o cambiar la propiedad o los derechos de utilización de los recursos, de las clases pobres a las más ricas, desfavoreciendo a la población.
- b) Puede afectar negativamente a las minorías étnicas, que vivieron asiladas geográfica y políticamente del resto del país, pues la tranquilidad y su cultura es vulnerada.

Tipos de caminos.

Para determinar los tipos de caminos se debe partir de las diferencias que existen entre ellos de acuerdo a su ubicación. Existen diferencias notables entre la red vial de las zonas urbanas y las que permiten la circulación fuera de ellas. Las redes urbanas están formadas en su mayor parte por calles, que son vías situadas en áreas edificadas por las que circulan tanto vehículos con motor como peatones cabe mencionar que con cierta separación entre ambos tráficos. (Kraemer, 2003).

Son comunes en las ciudades las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes, y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos. En comparación con las carreteras que forman parte de la red vial interurbana en donde predomina el tráfico de vehículos de motor, ya que los peatones y las bicicletas son muy escasos (excepto en algunos tramos cerca de poblaciones). (Kraemer, 2003).

Las carreteras pueden definirse como vías de dominio y uso público, proyectadas y construidas para la circulación de vehículos automóviles. (Kraemer, 2003)

Legalmente las rutas que conforman la red vial de Guatemala, han sido clasificadas según el ancho del derecho de vía que cada una posee, esto da como resultado que se tienen rutas centroamericanas, nacionales, departamentales y caminos rurales, para poder clasificarlas será necesario tomar en cuenta los siguientes lineamientos: (Argueta, 2014).

Rutas centroamericanas: son rutas nacionales que dentro de la clasificación de la red vial de la Dirección General de Caminos son de primer orden, con un ancho de derecho de vía de 25,00 metros o más, (autopistas y carreteras de cuatro carriles o más) dependiendo la ubicación y la cantidad de tráfico que circule. (Argueta, 2014).

Este grupo de rutas deberán cumplir con las siguientes características: (Argueta, 2014).

- a) Unen la capital con fronteras o desde otra ruta centroamericana.
- b) Unen puertos de importancia desde la capital o desde otra ruta centroamericana.
- c) Atraviesan longitudinalmente o transversalmente la república.
- d) Este tipo de carreteras son las que reúnen las mejores condiciones de diseño que la topografía les permita.
- e) El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

Rutas nacionales: las rutas nacionales también consideradas de primer orden dentro de la red vial de la Dirección General de Caminos, constan de dos carriles con un ancho total de rodadura de 7,20 metros y un ancho de derecho de vía de 25,00 metros. (Argueta, 2014).

Las rutas nacionales deberán cumplir con las siguientes características: (Argueta, 2014).

- a) Unen cabeceras departamentales.
- b) Une rutas centroamericanas, con cabeceras departamentales.
- c) Conecta rutas centroamericanas.
- d) Une rutas centroamericanas con puertos de importancia comercial para el país.
- e) Red auxiliar de las rutas centroamericanas.
- f) El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

Rutas departamentales: estas son aquellas que la Dirección General de Caminos dentro de su red vial las clasifica como de segundo orden, constan de dos carriles con un ancho total de rodadura de 5,50 a 6,00 metros y un ancho de derecho de vía de 20,00 metros. (Argueta, 2014).

Las rutas departamentales serán identificadas con las características que a continuación se describen: (Argueta, 2014).

- a) Interconectan cabeceras departamentales.
- b) Unen cabeceras departamentales entre sí.
- c) Une cabeceras municipales con rutas centroamericanas o rutas nacionales u otras departamentales.
- e) El derecho de vía total será de 20,00 metros (10,00 metros de cada lado de la línea central).

Las rutas antes descritas, son suficientes por sí mismas para dar categoría de ruta departamental a una carretera. Además de: (Argueta, 2014).

- a) Unir Rutas Nacionales (RN).
- b) Unir rutas centroamericanas o nacionales con litorales.
- c) Su longitud mayor a 20 kilómetros.
- d) El tránsito diario mayor de 200 vehículos.
- e) Su importancia turística.

De estos últimos, tienen que cumplir con dos criterios por lo menos para ser ruta departamental. (Argueta, 2014).

Caminos rurales: los caminos rurales dentro de la clasificación de la red vial de la Dirección General de Caminos son de tercer orden, con un ancho total de rodadura de 4,00 metros y un ancho de derecho de vía de 6,00 a 8,00 metros. (Argueta, 2014).

Dentro de este grupo de rutas deberá cumplir con la siguiente característica: (Argueta, 2014).

- a) Interconectar con a las comunidades rurales de los correspondientes municipios.

Carretera.

Es una vía de transporte de dominio y uso público, construida para la circulación de vehículos automóviles. Por lo que existen diversos tipos de carreteras, aunque popularmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Por otro lado, las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente creadas para la circulación de vehículos de transporte. (Word FAQ, 2007).

Por otro lado en las áreas urbanas las carreteras divergen a través de la ciudad y se les llama calles, para tener un papel doble como vía de acceso y ruta. La economía y la sociedad dependen fuertemente de unas carreteras eficientes. En la Unión Europea el 44 % de todos los productos son movidos por camiones y el 85 % de los viajeros se mueven en autobús o en coche, esta cultura nace por dos razones, la primera los costes elevados del combustible y el otro para alejar de ellos el sedentarismo. (European Communities and Transportation, 2007).

Desde otro punto de vista, una red tupida y eficiente no siempre se beneficia de la construcción de nuevas carreteras: la Paradoja de Braess o la Posición de Lewis-Mogridge explican cómo un nuevo tramo vial puede, paradójicamente, empeorar la situación del tráfico. (European Communities and Transportation, 2007).

Ilustración 2. Carretera en Niigata, Japón.



Fuente: Aney, 2004

Partes de una carretera. Las carreteras, de acuerdo a su complejidad constan de las siguientes partes: (Laurenec, 1960).

a) Calzada: La parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos, puede estar compuesta de uno o varios carriles.

b) Cuneta o drenaje: Es una zanja o canal localizada a los lados de las calles y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones.

c) Acera: Es una superficie pavimentada a la orilla de una calle para uso de personas que se desplazan a pie o peatones. Normalmente se sitúa a ambos lados de la calzada.

d) Paso de peatones: Son la zona de intersección una o más calles y el tránsito peatonal; es la parte del itinerario peatonal que cruza la calzada de circulación de vehículos, al mismo o a diferente nivel.

e) Ciclovía: Es un nombre genérico dado a las calles destinadas de forma exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas.

f) Arcén: zona de dominio público, zona de servidumbre y zona de afección.

Proyecto y construcción de carreteras. Dentro de la construcción de carreteras se requiere de la creación de una superficie continua que permita travesar obstáculos geográficos y como también considerar que los vehículos o los peatones puedan circular. Para su elaboración se deben cumplir leyes y una serie de normativas o guías oficiales que no son de obligado cumplimiento, el propósito de normar este proceso es asegurarse de la calidad en su edificación. (Bridle & Porter, 2002).

Con respecto al inicio del proceso de un proyecto se inicia con la retirada de vegetación (desbroce) y de tierra y roca por excavación o voladura, la construcción de terraplenes, puentes y túneles, seguido por el extendido del pavimento. Existe una variedad de equipo de movimiento de tierras que es específico de la construcción de vías, el cual será utilizado por personal capacitado. (Bridle & Porter, 2002).

Aspectos medioambientales: se deberá contar con un estudio de impacto ambiental que considere: (Lendering, 2008).

a) El despojo natural de la fauna ejercida a poblaciones silvestres de animales que pueden dejar de estar en contacto.

b) El drenaje transversal que será necesario para que los ríos y las corrientes de agua que circulan por las vaguadas no se vean interrumpidas por los terraplenes. Para evitar que estas corrientes se reactiven y desmoronen la vía será necesario la construcción de obras de drenaje transversal o tajeas. Estas obras se dimensionarán para que transporten las aguas de la mayor de las tormentas posibles en el período de durabilidad de la vía, por ejemplo 100 años.

c) El drenaje longitudinal que implica el dimensionamiento de las cunetas que evitan que el agua acceda a la superficie de la calzada. Si existiese una capa de agua sobre la carretera los neumáticos de los coches podrían perder el contacto con el asfalto y planear sobre el agua. A este fenómeno se le denomina hidropneumático, factor que incrementa accidentes involuntarios que se pueden prevenir realizando este proceso.

Operaciones previas y construcción: es necesario despejar las antiguas superficies de carreteras, vallas, y edificios en la traza que necesiten ser eliminados antes de comenzar la construcción, lo que se denomina despeje. Las tuberías y conductos además requerirán un estudio especial pues generalmente no se conocen sus posiciones exactas, se deben considerar los percances que surjan en este proceso. (Benítez, 1999).

En cuanto a los árboles se deberían dejar para retener el agua o ser desplazados solo cuando impidan la visibilidad. Se debe evitar afectar al suelo circundante de los árboles que hemos protegido para que sigan sanos. El suelo vegetal debe retirarse de la construcción ya que no resiste las cargas de tráfico y afecta a la resistencia de la vía, a la a esta operación de retirada de tierra vegetal se le denomina desbroce. Lo interesante será apartarlo y disponerlo posteriormente sobre los espaldones de los terraplenes para resguardar de la erosión superficial. (Benítez, 1999).

Se debe considerar que el proceso más largo viene se da por los movimientos de tierras para trabajar la superficie de la carretera. Las zonas donde se eleva el terreno serán los terraplenes y los tramos donde se rebaja el terreno son los desmontes. Según la dureza del terreno y los rendimientos que se interesen obtener se utilizará una determinada maquinaria para movimientos de tierra o si no fuera posible se utilizaría voladura. Al extendido de las capas le acompañará un proceso de compactación para aumentar la capacidad del terreno. (Benítez, 1999).

El área en su conjunto, se nivelará y se refinará para extender encima la capa de explanada mejorada y de material firme. La construcción termina con la colocación de la señalización vertical y horizontal, de acuerdo a las normas establecidas en los reglamentos actuales. (Benítez, 1999).

Mantenimiento. Las carreteras requieren un constante mantenimiento pues el deterioro es producido principalmente por el paso de vehículos, aunque también se ven afectadas por las condiciones meteorológicas: lluvia, expansión térmica y oxidación. De acuerdo a los experimentos realizados en la década de los 50, llamados AASHO Road Test, está empíricamente demostrado que el desgaste que se produce en el pavimento es proporcional al peso soportado por los ejes elevado a la cuarta potencia, situación que facilita el deterioro de la misma. (Carciente, 1985).

En España el peso máximo está limitado a 10 toneladas por eje, el de un automóvil puede rondar la tonelada por eje, entonces la afectación del camión sería aproximadamente 6000 veces mayor que la del automóvil. Por esta razón en el diseño de firmes se utiliza como dato de entrada la intensidad de tráfico pesado y se desprecia el tráfico ligero, este modelo es tomado en diferentes partes del mundo para mejorar la construcción de las obras. (Carciente, 1985).

Indicadores del mal estado de caminos.

- a) Aumento de los accidentes y percances vehiculares.
- b) Superficie no uniforme derivada de problemas estructurales como: baches, grietas, abultamientos, hundimientos, etc.
- c) Disminución de la velocidad promedio del tránsito vehicular.
- d) Incremento en los gastos de mantenimiento para vehículos que transitan regularmente.
- e) Reducción del flujo de tránsito.
- f) Usuarios insatisfechos.

Pavimento.

Se le llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, lo que proporciona una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente para permitir la circulación de automotores. (Bolaños, 2007)

Dentro de las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento se deben considerar las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. (Bolaños, 2007)

Su diseño deberá poseer una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. (Bolaños, 2007)

Se debe considerar que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, por lo que se deberán colocar materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, y los que son de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por

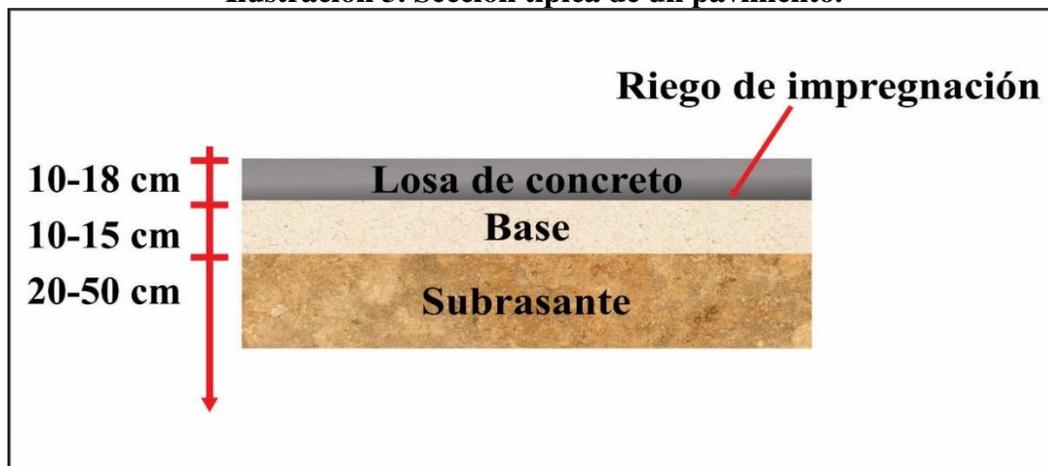
consecuencia resultan los más económicos, situación que dependerá en gran parte de los resultados de un estudio de suelos que se realice de manera previa. (Bolaños, 2007)

Pavimento se puede definir también, como un sistema de revestimiento que conforma el suelo transitable de cualquier espacio construido. Los pavimentos se apoyan sobre elementos estructurales sensiblemente horizontales, como los terrenos estabilizados, soleras, losas y forjados. (Bolaños, 2007)

En tanto las principales funciones que desempeñan son el aislamiento y la ornamentación, y considerar al mismo tiempo resistir las abrasiones y los punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos y la compresión de los elementos que se apoyan afectaran su deterioro. (Bolaños, 2007)

Además los pavimentos deben ser inmunes a la acción de agentes químicos, como agua, aceites, sales o ácidos, a las agresiones de seres vivos e incluso a la propia luz solar. (Bolaños, 2007)

Ilustración 3. Sección típica de un pavimento.



Fuente: Cisneros, B., enero de 2021.

Materiales del pavimento. Las mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más utilizados para fabricar el pavimento urbano. Estos materiales son ideales, ya que tienen una buena capacidad de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños, por lo que suele durar más tiempo. (Anon, 1991).

El pavimento debe de ser sostenible y principalmente no contaminante del medio ambiente. Para ello, las empresas, buscan nuevas alternativas para que el acto de pavimentar sea lo más ecológico y amigable posible. Prueba de ello lo constituye la creación de un pavimento que combina el asfalto con el polvo de caucho que se obtiene a partir de neumáticos reciclados; así como la utilización del producto conocido como *noxer*, que tiene la capacidad de absorber la contaminación que producen los tubos de escape de los vehículos, asegurando así contribuir a los cuidados del ambiente natural. (Anon, 1991).

Características generales. Debe poseer anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos. Además, debe constar de adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas. Este deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructor del tránsito, de la intemperie y del agua. (Federal Highway Administration, 2008).

Otro aspecto relevante es tener visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas a la vista. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores. Los materiales de menor calidad se deben colocar en las terracerías. Estos últimos son los materiales que se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan ser los más económicos, esto no significa que por ser de bajo costo la calidad sea menor. (Federal Highway Administration, 2008).

División de capas. En un pavimento, la división en capas se hace obedeciendo un factor económico, ya que cuando se determina el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta se debe considerar el procedimiento de construcción; ya que son dos factores importantes, la compactación y la humedad, cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes, que conllevan a incrementar los costos en reparaciones a corto plazo. (Ministerio de Fomento de España, 2012).

Firme. Es la superficie de la carretera o pavimento, lo constituye el material superficial permanente que sostiene el tráfico peatonal y vehicular de una vía o camino. En el pasado se usaban guijarros y adoquines, pero estos quedaron reemplazados por asfalto y hormigón, que permiten un paso más cómodo y un presupuesto a más económico, lo que deja a los adoquines para lugares históricos. (Escobar, 2011).

A los firmes actuales se le exigen tres características básicas: (Escobar, 2011).

- a) Ser impermeables al agua, para evitar que la lluvia dañe la base del firme.
- b) Mantener una superficie cómoda y adecuada para la circulación. Si el firme es resbaladizo puede ser peligroso para la circulación, de la misma forma que si está bacheado.
- c) Resistir las cargas que se ve sometido por el tráfico.

Esto plantea un grave problema ambiental en las ciudades, ya que, por su impermeabilidad, aumenta el peligro de inundaciones. Para evitarlo se han empezado a desarrollar firmes permeables con drenajes. Además, los firmes son usualmente pintados con marcas horizontales en el suelo para guiar el tráfico. La calidad del firme, su espesor y su rugosidad dependen de la clasificación de la carretera y del tráfico que

soporte, que está en algunos países determinada por normativa técnica, que debe considerarse en cualquier proyecto. (Escobar, 2011).

Tipos de pavimentos.

El comportamiento de los pavimentos al aplicarles cargas es muy diferente, estos se dividen en flexibles y rígidos:. (Iturbide, 2002).

Pavimento flexible. En un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la sub rasante. (Iturbide, 2002).

Pavimentos de concreto rígido. En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, lo que da como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. (Iturbide, 2002).

Pavimento de concreto. Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito. (Ingenieros consultores de Centro América, 2011).

Pavimentos mixtos o compuestos. Los pavimentos mixtos o compuestos, están conformados por una capa de concreto hidráulico, cubierta por una carpeta asfáltica, se emplean calles y su justificación se basa, en la presencia de redes y servicios bajo la vialidad, que deben protegerse de la acción del tránsito. Su posición impide para alojar una estructura de pavimento flexible convencional. Así mismo pueden tener una mayor capacidad estructural y por consiguiente un mejor desempeño, si se trata de la manera correcta. (Garcia, 2011).

Pavimento rígido.

Este es el que contiene como material fundamental el hormigón, bien sea en la base o en toda su estructura. Estos pavimentos se clasifican de acuerdo al tipo de hormigón que se utilice. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

Formas de trabajo. La diferencia fundamental entre pavimentos rígidos y flexibles, se da por la forma de distribución de las cargas en la sub - base o subrasante. En el caso de los pavimentos rígidos, debido a las condiciones propias del material empleado como son: rigidez y alto módulo de elasticidad, se tiende a una distribución de las cargas sobre una mayor área de la subrasante, de modo que una mayor parte de estas las absorbe la losa de hormigón. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

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

- a) Base estabilizada con cemento (suelo-cemento).
- b) Base de hormigón pobre.
- c) Base de hormigón simple normal.
- d) Base de hormigón armado.
- e) Base de hormigón postensado.

Las dos primeras bases son las más utilizadas en los últimos tiempos, por su bajo costo y por la velocidad de ejecución y una mayor garantía en la calidad de los resultados, lo que hacen de estas las mejores opciones. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

En los casos en que se emplea el hormigón simple, y el hormigón armado, se obtienen resultados muy similares a los anteriores, en cuanto a comportamiento y durabilidad, siempre que se empleen las juntas de expansión, debidamente espaciadas y diseñadas de tal forma que no se filtre el agua a través de ellas, hacia la subrasante, por lo que si se tienen los cuidados en los procesos, su eficiencia es de calidad. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

En ambos métodos se logra un acabado superficial uniforme y de buena textura. En el caso de usar hormigón postensado, el presupuesto económico se eleva considerablemente, por lo que se usa solamente en casos de pavimentos que estarán expuestos a grandes cargas de impacto, como es el caso de las pistas de aeropuertos. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en 3 tipos.

1) Concreto hidráulico simple: este 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 tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas). (Iturbide, 2002).

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

3) Concreto hidráulico reforzado continuo: se caracteriza por tener armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso, por lo que este tipo de pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento, adecuado entre fisuras y para que estas permanezcan cerradas. (Iturbide, 2002).

Plan para aplicación de pavimento rígido.

Levantamiento topográfico. Una de las actividades necesarias en la pavimentación de una carretera o camino, es el levantamiento topográfico, el cual contempla dos grandes ramas de la topografía que son la planimetría y la altimetría, las cuales consisten en: (García, 1984).

Planimetría. Es una rama de la topografía que representa gráficamente el terreno, sin contemplar la curvatura terrestre, proyectándola sobre un plano horizontal, al cual se le denomina plano, y que aporta todos los datos necesarios para conocer las características del terreno. (García, 1984).

Altimetría. Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de mayor interés de un terreno. (Orantes, 2012).

Estudios de suelos. Es indispensable tener conocimiento de las características del suelo, a la hora de realizar un proyecto de pavimentación ya que el diseño de pavimento se basa en los resultados de los ensayos del laboratorio efectuados con el material de suelo del lugar a construir, para determinar las características de la planificación y ejecución del proyecto. (Valenzuela, 2007).

Límites de Atterberg.

Límite líquido: es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido al estado plástico. El método en la actualidad se utiliza para determinar el límite líquido. Este fue creado por Casagrande y su norma es AASHTO T-89. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que hayan cruzado la malla o tamiz No. 40, si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico. (Valenzuela, 2007).

Límite plástico: es el porcentaje de humedad con el cual el suelo cambia del estado plástico al estado semisólido. El método para determinar el límite plástico en una muestra de suelo consiste en hallar el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de material de 3mm.(1/8") de diámetro al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa. (Benítez, 2007).

En los ensayos de límites de consistencia se pueden obtener el índice de plasticidad que sirve principalmente para determinar las separaciones marcadas entre los distintos tipos de suelo. (Benítez, 2007).

Índice plástico: este índice fue normado por la A.A.S.H.T.O T90-70 y se refiere al contenido de humedad, expresado en el porcentaje de su peso sacado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse. (Us, 2007).

Ensayo de compactación o proctor modificado. La prueba de proctor modificado según la norma A.A.S.T.H.O. T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad. (Ruano, 2006).

La prueba de proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada. En todos los suelos, al aumentarse su humedad se aplica, un medio lubricante entre sus partículas, que permite que se acomoden cuando se sujetan a un esfuerzo de compactación. (Ruano, 2006).

Sigue incrementándose la humedad al emplear el mismo esfuerzo de compactación, se llega a obtener el mejor acomodo de las partículas del suelo, y por consecuencia el

mayor peso volumétrico seco con cierta humedad llamada humedad óptima. (Ruano, 2006).

Si se detecta humedad deberá procurarse siempre efectuar la compactación en el camino, calle o aeropuerto o lugar de que se trate, ya que facilita el acomodo de las partículas con el menor esfuerzo del equipo de compactación. En medida que aumenta o disminuye la humedad para llegar a obtener el mismo peso, es necesario aumentar el trabajo de las máquinas de compactación para optimizar el rendimiento que posteriormente debe mantener el pavimento. (Ruano, 2006).

Si a pesar de esta condición de humedad óptima y peso volumétrico seco se hacen incrementos de humedad, se procede a realizar un aumento de volumen de los huecos, ocasionados una sustitución sucesiva de partículas de suelo por agua, en virtud de que el volumen de aire atrapado entre las partículas de suelo no puede ser disminuido apreciablemente con ese mismo esfuerzo de compactación, obtenidos por tanto pesos volumétricos secos que son menores a medida que la humedad aumenta. (Ruano, 2006).

Ensayo de C.B.R. Normado por la A.A.S.H.T.O. T193-63. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulándose las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. (Us, 2007).

El C.B.R se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación a este para hacer penetrar el mismo pisto, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. Los valores de CBR que se utilizan son: (Us, 2007).

a) Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras.

b) Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,5000 libras.

Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido. La fórmula general a la que llegó la A.A.S.H.T.O para el diseño de pavimentos rígidos basada en los resultados obtenidos de la prueba AASHTO es la siguiente de 1986-93 ecuaciones de diseño de pavimentos rígidos. (Ordoñez, 2006).

Figura 1. Fórmula general de diseño de pavimento rígido.

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

En donde:

- W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas⁵, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- P_t = Índice de serviciabilidad o servicio final
- M_r = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz)
- C_d = Coeficiente de drenaje
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa
- k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

Fuente: Ordoñez, 2006.

El objetivo principal de las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para sí poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo, pues se deben mantener los estándares de calidad. (Ordoñez, 2006).

Al realizar el procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado de problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciéndose tanteos, tomándose como valor el resultado del tanteo anterior. (Ordoñez, 2006).

La convergencia del método es muy rápida. Las variables de diseño de pavimentos rígidos es el Espesor, la viabilidad, el tráfico, transferencia de carga, propiedades de concreto, resistencia de la sub-rasante, drenaje, y confiabilidad, en el diseño de pavimentos rígidos existen dos maneras de calcular, una de ellas es la que usa el método AASHTO 1993 mencionada anteriormente, o sea con fórmulas empíricas, desarrolladas a partir de pruebas en pavimentos hechos a este fin AASHTO Road Test. (Ordoñez, 2006).

Otra forma de calcular es a través de métodos mecánicos como los que ha desarrollado la Asociación de Cemento Portland (PCA), para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito mismos que se exponen a continuación. (Ordoñez, 2006).

El método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado al haber posibilidades de obtener datos de distribución de cargas de tránsito. (Ordoñez, 2006).

El método simplificado de diseño: es el procedimiento aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje. (Ordoñez, 2006).

Se debe enfatizar también acerca de la importancia de realizar el cálculo del espesor de un pavimento, y para ello se debe considerar: (Ordoñez, 2006).

- a) Estimar el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones.
- b) Determinar la categoría de carga por eje según tabla de diseño.

c) Determinar el espesor de la losa requerida, por medio de las tablas correspondientes.

Por tanto, se sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamientos de pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Para este diseño se utilizó el dimensionamiento del método simplificado para el espesor del pavimento rígido, es la mejor opción. (Ordoñez, 2006).

Sub-rasante. Esta es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, en que le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista. (Ordoñez, 2006).

Los materiales que forman la sub-base deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad, que dependen de las propiedades de los materiales que se determinan por ensayos debidamente normados, por la American Society for Testing Materials Astm y por la American Association of Stante Highways Officials AASHTO. (Ordoñez, 2006).

Los requisitos que se presentan en el cuadro 1. deben cumplirse en una profundidad de al menos cincuenta centímetros para calles y carreteras.

Cuadro 1. Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado.

PROPIEDAD	REQUISITO
Tamaño máximo de partícula	7.5 cm.
Límite Líquido	Mayor del 50%
C.B.R.	5% mínimo
Expansión	5% máximo
Compactación	95% mínimo

Fuente: American Society for Testing Materials Astm y por la American Association of State Highway Officials AASHTO.

Los suelos que no cumplan con estas condiciones, deberán ser sustituidos por un material adecuado o bien ser estabilizados, aunque lo más importante es que el porcentaje de compactación alcance como mínimo el 95 %. (Us, 2007).

Escarificación, homogenización y compactación. Para llevar a cabo este procedimiento se debe considerar todos aquellos materiales que no se pueden utilizar por las características de su suelo. Así que son materiales inadecuados para la construcción de la sub-rasante, los siguientes: (Us, 2007).

a) Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Además, basuras o impurezas que puedan perjudicar para la cimentación del pavimento.

b) Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de sub-rasante.

c) Materiales adecuados para sub-rasante. Son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193, que no tengan tipologías inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que esté reacondicionándose y que, además, no sean inadecuados para sub-rasante de acuerdo a lo indicado anteriormente.

Operaciones de construcción.

1) Limpieza: el contratista debe proceder a limpiar la vegetación pequeña existente en toda la superficie de la sub-rasante a reacondicionar. (Ruano, 2006).

b) Delimitación de tramos a reacondicionar: se debe delimitar los tramos que el Contratista tiene que reacondicionar, indicándose claramente por escrito las estaciones inicial y final de cada tramo. (Ruano, 2006).

c) Reemplazo de material inadecuado: si en la sub-rasante aparezcan áreas con material inadecuado, de conformidad con la definición dada en 301.01, el Delegado Residente debe delimitarlas y notificarlo por escrito al Contratista, quien debe proceder a efectuar la remoción del material inadecuado de acuerdo a lo indicado en la Sección 203. Durante estas operaciones el Contratista debe señalar dichas áreas para evitar accidentes. (Ruano, 2006).

El trabajo del delegado Residente, es ordenar que las excavaciones deben rellenarse: (1) con material de préstamo que sea apropiado para sub-rasante de acuerdo a la definición para material adecuado dada en 301.01; efectuándose la compactación de acuerdo con 203.10; o (2) con material de sub-base. En todo caso la excavación del vaciado, se debe pagar con cargo a la Sección 203 y el relleno de los vaciados, si es con préstamo, con cargo a la Sección 203 y si es con sub-base con cargo a la sección correspondiente. (Ruano, 2006).

d) Escarificación, tendido y conformación: en las áreas que necesiten reacondicionamiento, el Contratista debe proceder a escarificar el suelo de sub-rasante hasta una profundidad de 200 milímetros, eliminándose las rocas mayores de 100 milímetros, acondicionándolas fuera del lecho del camino; seguidamente debe proceder a ajustar y conformar la superficie efectuándose cortes y rellenos en un

espesor no mayor de 200 milímetros. (Ruano, 2006).

Otro aspecto a considerar es que el suelo de sub-rasante en toda el área a reacondicionarse debe humedecerse adecuadamente, antes de la compactación. El control de humedad puede efectuarse secándose el material, o por el método con carburo, AASHTO T 217. (Ruano, 2006).

e) Cortes mayores de 200 mm: si con los cortes y rellenos de 200 milímetros, la superficie reacondicionada no se ajusta a los niveles indicados en los planos, el Delegado Residente podrá ordenar que se realicen cortes más profundos o completar los rellenos con material de préstamo apropiado, que cumpla con los requisitos de material adecuado indicados en 301.01. En ambos casos, los cortes mayores de 200 milímetros y el préstamo necesario serán pagados con cargo a la Sección 203. (Ruano, 2006).

f) Compactación: la sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con ciento de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyéndose los no destructivos, la experiencia del profesional de la construcción es valiosa en este proceso. (Ruano, 2006).

En el caso de sub-rasantes arcillosas con un límite líquido superior al 45 por ciento y un índice plástico superior al 15 por ciento, se requerirá su compactación a una densidad del 90 por ciento respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180 y con un contenido de humedad mayor, por lo menos en un 3 por ciento, que su correspondiente humedad óptima siempre que no exceda en más de un 4 por ciento al valor correspondiente a su límite plástico. (Ruano, 2006).

g) Deflexión: para establecer una deflexión máxima para la capa de sub-rasante reacondicionada de 3.0 milímetros. El Delegado Residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de sub-base y en caso necesario, complementar estos trabajos con la construcción de sub-drenaje adecuado. (Ruano, 2006).

Tolerancias y aceptación.

a) Tolerancias en compactación: se establece una tolerancia en menos del 2%, respecto al porcentaje de compactación especificado en 301.03 (f) para la sub-rasante reacondicionada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados o fracción de sub-rasante reacondicionada. (Ruano, 2006).

b) Tolerancia de superficie: se establece una tolerancia de 20 milímetros, en más o en menos, para los trabajos efectuados por el equipo de construcción, respecto al nivel de conformación de superficie definido en la obra mediante marcas topográficas colocadas de conformidad con las elevaciones indicadas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente. (Ruano, 2006).

c) Aceptación: la sub-rasante reacondicionada se debe aceptar para efectos de pago, hasta que se encuentre debidamente cubierta con material de sub-base o de base, en el ancho total de sub-rasante indicado en las secciones típicas de pavimentación. No se permite que la sub-rasante ya reacondicionada, quede sin recubrir con base o sub-base, en una distancia mayor de 1 kilómetro, debiéndose proporcionar el mantenimiento adecuado de los tramos pendientes de recubrir. (Ruano, 2006).

Medida. Para medir se debe cuantificar el número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de sub-rasante reacondicionada, debidamente construida y aceptada de acuerdo a estas especificaciones generales, disposiciones especiales y los planos correspondientes. (Ruano, 2006).

Conformación de la sub-base. Este trabajo consiste en obtener, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de base; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas, una base del espesor compactado requerido, sobre la sub-rasante previamente aceptada de acuerdo a estas especificaciones; todo de acuerdo con lo indicado en los planos u ordenado por el Supervisor, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Técnicas. (Orantes, 2012).

Espesor de la base: el espesor de la base debe tener un espesor compactado a un 95% AASHTO o según lo que se indique en los planos del proyecto. (Orantes, 2012).

Requisitos para el material de base: la capa de base común, debe estar constituida por materiales de tipo selecto en su estado natural o mezclados, que formen y y se produzca un material que llene los requisitos indicados en la sección 303.4 tipo “c” de las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos de Noviembre de 2002. (Orantes, 2012).

Requisitos de construcción: el Contratista debe seleccionar y utilizar el material que tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase el Tamiz 0.075 mm, menor índice de plasticidad y mayor equivalente de arena, para lograr resultados optimos. (Orantes, 2012).

Colocación y tendido.

a) Colocación: el Contratista debe colocar el volumen de material correspondiente al espesor de base requerido por el diseño, sobre la sub-rasante recibida, previamente preparada y reacondicionada. El material puede ser colocado en pilas por medio de camiones de volteo, formándose camellones o con máquina especial esparcidora, debe velar porque todos los materiales estén disponibles y así no generar atrasos. (Orantes,

2012).

b) Tendido: el material de base, debe ser tendido en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 100 milímetros. (Orantes, 2012).

Mezcla. Después de haberse colocado y tendido el material, si no se usa la máquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogeneización, mezclándose el material en todo su espesor por medio de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla homogénea. (Orantes, 2012).

Al utilizar equipo especial que permita tender el material sin segregación, no se debe requerir esta mezcla. (Orantes, 2012).

Riego de agua. El material de base debe esparcirse, homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para lograr su compactación, cuya operación puede efectuarse simultáneamente con la mezcla indicada. Al usar máquina especial esparcidora y conformadora, el material puede ser humedecido previamente en la planta de producción del mismo, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. La humedad de campo debe determinarse, secándose el material o por de la aplicación del método con carburo, AASHTO T 217. (Orantes, 2012).

Base. Es la capa, que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores. Generalmente está formado por materiales granulares, como piedra triturada, arena, grava o suelos estabilizados. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros. La base evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su

mayor parte presenta limo arenoso, con una capa de 15 centímetros de espesor bien compactados con vibro compactador. (Ordoñez, 2006).

Superficie de rodadura. Es la capa superficial de concreto de cemento portland, es decir, la losa en sí, cuyas funciones son: (Ordoñez, 2006).

- a) Proveer un valor soporte elevado para que resista muy bien las cargas concentradas que provienen de ruedas pesadas trabajándose a flexión, distribuirlo bien en el material existente debajo.
- b) Servir de textura superficial poco resbaladiza, aun cuando se encuentre humedad, salvo que está cubierta con lodo, aceite y otro material deslizante.
- c) Proteger la superficie, sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito.
- d) Prevenir a la superficie de la penetración del agua.
- e) Proveer buena visibilidad, ya que por su color claro da una mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.
- f) Ofrecer gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

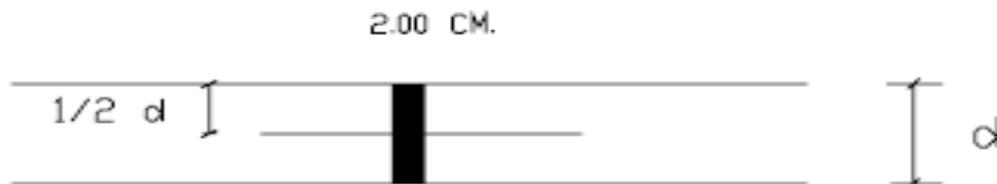
Juntas en el pavimento de concreto. Se forman las juntas en el pavimento de concreto para reducir los efectos de las expansiones y la contracción, para facilitar el colado del concreto y para dejar espacio para la liga de las losas colindantes. Las juntas pueden ser perpendiculares y a la línea central del pavimento (transversales) y de acuerdo a la función que se les destine longitudinales. (Ruano, 2006).

Juntas transversales de expansión. La función principal de una junta de expansión es un pavimento de concreto es permitir el movimiento de la losa debido a cambios en la temperatura. Por ejemplo, cuando se eleva la temperatura, aumenta la longitud de la losa, lo que crea en consecuencia esfuerzos de compresión en el concepto, si no

se colocaran juntas de expansión, la losa de acuerdo a su longitud, podría abombarse o reventarse. (Ruano, 2006).

En el pavimento de concreto, en general se colocan juntas de expansión cada 40 a 60 pies, a lo largo de la longitud del pavimento. Las juntas, que pueden variar en espesor de $\frac{3}{4}$ " a 1 pulgada, deben de incorporar dispositivos apropiados de transferencia de carga. En las juntas, se debe colocar relleno, como caucho, betunen o corcho que permita la expansión de la losa y excluya la suciedad. (Ruano, 2006).

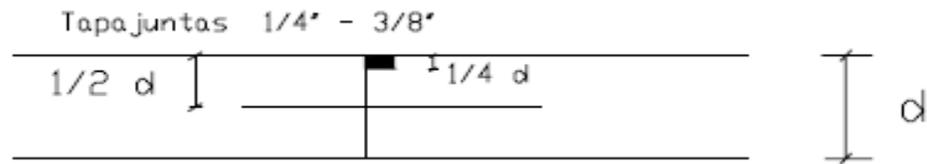
Figura 2. Junta de expansión con o sin barra de transferencia.



Fuente: Ingenieros consultores de Centro Amèrica, 2011.

Juntas transversales de contracción. Se ponen juntas de contracción para limitar los efectos de las fuerzas de tensión en una losa de concreto, causados por una caída en la temperatura. El objetivo es debilitar la losa, de modo que, si las fuerzas de tensión son suficientemente grandes como para agrietarla, las grietas se formaran en las juntas. En general la profundidad de las juntas de contracción solo es un cuarto de espesor de la losa. No obstante, cuando se diseñan y espacian apropiadamente, también pueden minimizar el agrietamiento de la losa fuera de las juntas. (Ruano, 2006).

Figura 3. Transversales de contracción.



Fuente: Ingenieros consultores de Centro Amèrica, 2011.

Juntas longitudinales. Estas se forman paralelas a la línea central de la carretera para facilitar la construcción de los carriles y prevenir la propagación de grietas longitudinales irregulares. Las juntas se pueden acuar, juntar a tope, formar mecánicamente o ranura con sierra. (Ruano, 2006).

Juntas de construcción. Cuando se interrumpe el colado del concreto para una losa, resulta conveniente una junta de construcción en la junta fría entre las dos secciones de esa losa como preparación para la interrupción, se forma una cara vertical con un travesaño de madera en el extremo de la losa que está colándose. (Ruano, 2006).

Desarrollo del proyecto.

Cálculo de espesor del pavimento. Previo a la determinación del espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos necesarios de la sub-rasante y de la sub-base, el espesor del pavimento se determina de los siguientes factores de diseño: (Ordoñez, 2006).

a) Resistencia a la flexión del concreto módulo de ruptura.

Resistencia de la sub-rasante, o combinación de sub-rasante y sub-base (K).

b) Las cargas, frecuencia y tipo de carga por eje del vehículo que soportara el pavimento.

c) Periodo de diseño, el cual es usualmente de 20 años.

Tránsito. El factor más importante en la determinación del diseño de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasara sobre él. Este es derivado de las estimaciones transito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos, se obtienen de contadores especiales de tránsito o por cual otro modo de conteo. El transito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones puede ser expresado como un porcentaje. (Ordoñez, 2006).

Módulo de ruptura de concreto. Debido al paso de vehículos por encima de las losas de concreto, en estas se producen esfuerzos de flexión y compresión. (Ordoñez, 2006).

El esfuerzo de compresión es tan mínimo que no influyen en el grosor de la losa, en cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados en estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. (Ordoñez, 2006).

El módulo de ruptura del concreto se estimó con el quince por ciento de la resistencia estimada del concreto ante un esfuerzo de compresión, f'_c de 4,000 PSI (281 kg/cm²) a los 28 días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 PSI (0.15x4000 PSI= 600 PSI). (Ordoñez, 2006).

Módulo de reacción K de la subrasante. El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de soporte que ofrece la subrasante al tráfico. Al tener limitaciones de ensayo en campo, el valor k que se utiliza usualmente por correlación de una prueba más simple como es la clasificación del tipo de suelo según el sistema SCU (Sistema Unificado de Clasificaciones suelos, bajo el punto de vista de la ingeniería), el sistema PRA (Public Road Administration) o en función de su número CBR. (Ordoñez, 2006).

Diseño de la mezcla de concreto. La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales mientras se tiene o se obtenga una

consistencia de trabajabilidad, la resistencia del concreto cierta edad depende la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua-cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástico existe manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos. (Ordoñez, 2006).

Para este tipo de proyecto, se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de f'_c 281 kg/cm² igual a 4000 PSI a los 28 días de curado ver tabla No.11, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla. (Ordoñez, 2006).

El calor de sobre diseño se estimará en la resiste a la compresión f'_c incrementada en 1200 PSI en la tabla No.11, este valor es de resistencia promedio requerida f'_{cr} = 5200 PSI. (Ordoñez, 2006).

El revenimiento para pavimentos es de 7.5 cts. el tamaño máximo de agregado puede estimarse en 6 centímetros, pero se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de 2.54 centímetros. Para un revenimiento de 7.5 centímetros y tamaño máximo de agregado de 2.54 centímetros. Para que se ejecute se deben conocer los pasos para el diseño de la mezcla, mismos que se enumeran a continuación: (Ordoñez, 2006).

1) Calcular la cantidad de cemento, dividiéndose la cantidad de agua por metro cubico por la relación agua-cemento; considerándose que un litro de agua pesa un kilogramo.

$$\text{Cemento} = (195 \text{ litros/m}^3) / 0.48 = 406.25 \text{ kg/m}^3$$

2) Calcular la cantidad de agregado, restándole el peso del agua cemento del peso total en un metro cubico de concreto:

$$\text{Peso de agregados} = \text{peso total} - \text{peso (agua cemento)}$$

$$\text{Peso de agregados} = 2400 - (195 + 406.25) = 1,798.75 \text{ kg/m}^3$$

3) La cantidad de arena se obtiene al multiplicarse el peso total del agregado por el porcentaje de arena correspondiente

$$\text{Contenido de arena } 42\% \ 1798.75 \text{ kg/m}^3 = 755.48 \text{ Kg/m}^3$$

4) La cantidad de pedrín será el agregado total menos la cantidad de arena contenido de pedrín = $1798.75 - 755.48 = 1043.27 \text{ kg/m}^3$.

Para la capa de concreto se debe de tomar en cuenta que la proporción está dada en volumen y como una bolsa de cemento tiene un volumen de un pie cubico, entonces por cada bolsa de cemento se utilizara 1.86 pie cubico de arena y 2.57 pie cubico de pedrín. (Ordoñez, 2006).

Cuadro 2. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar.

Resistencia a compresión Especificada $f'c$ (psi)	Resistencia Promedio a la compresión Requerida $f'cr$ (psi)
Menor de 3000	$F'c + 1000$
3000 – 5000	$F'c + 1200$
Mayor de 5000	$F'c + 1400$

Fuente: Ordoñez, 2006.

Cuadro 3. Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

Tipo de construcción	Revenimientos (cm)	
	Máximo	Minimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	12.5	5.0
Zapatas simples, compuestas y muros de subestructura	10	2.5
Vigas, losas y muros reforzados	15	7.5
Columnas para edificios	15	7.5
Pavimentos	7.5	5.0
Concreto macizo	7.5	2.5

Fuente: Ordoñez, 2006.

Cuadro 4. Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.

Revenimiento o Asentamiento (cm.)	Litros de agua por m ³				
	3/8 "	1/2"	3/4"	1"	1 1/2 "
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: Ordoñez, 2006.

Requisitos para los materiales. Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, deben llenar los requisitos siguientes: (Ordoñez, 2006).

a) Cementos hidráulicos: estos cementos deben cumplir con una clase de resistencia de 28MPa (4,000 psi, 281kg/cm²) o mayor. (Ordoñez, 2006).

b) Agregado fino: debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos sobre cantidad de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. (Benítez, 2007).

El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto. (Benítez, 2007).

c) Agregado grueso: debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas. (Benítez, 2007).

d) Agua: el agua para el mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable que disponga la comunidad, puede usarse sin ensayos previos. (Benítez, 2007).

e) Aditivos: los aditivos para concreto se deben utilizar con la aprobación previa del Supervisor y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica para que exista homogeneidad. (Benítez, 2007).

No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o que contenga elementos galvanizados y aluminio. (Benítez, 2007).

Previa a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo, utilizándose los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. Si se emplea mas de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre si. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado del concreto. (Benítez, 2007).

Cualquier otra especificación relacionada con aditivos o bien acerca de los aditivos permisibles, se encuentra en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, Noviembre 2002. (Benítez, 2007).

Requisitos para la clase y resistencia del concreto. El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe ser como mínimo clase 28 (4,000psi o 245kg/cm²) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 28 MPa (4,000psi o 28kg/cm²) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 4.2 MPa (600psi o 42.2kg/cm²), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. (Benítez, 2007).

Cuadro 5. Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos.

Relación Agua Cemento Máxima	Temperatura del Concreto	Asentamiento o AASHTO T 119	Contenido de Aire Mínimo ⁽¹⁾	Tamaños agregados AASHTO M 43	Resistencia a la Compresión AASHTO T-22	Resistencia a la Flexión AASHTO T 97
0.49	20 ± 10 ° C	40 ± 20 mm	4.5 %	551.04 (b) y (c)	28 MPa (4,000 psi)	4.5 MPa (650 psi)

Fuente: Benítez, 2007.

1) Si se usa agregado de tamaño nominal máximo, el contenido mínimo de aire es de 5%. (Benítez, 2007).

2) Puede utilizarse concreto premezclado de fabricantes comerciales autorizados que llenen los requisitos antes indicados y los estipulados en la sección 551.15 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002. (Benítez, 2007).

Requisitos para el acero de refuerzo.

1) **Requisitos para el refuerzo en las losas:** si se requieren las disposiciones especiales o los planos lo requieran expresamente se usarán losas reforzadas. El

refuerzo debe consistir en emparrillado de barras corrugadas de acero de refuerzo, AASHTO M 54 (ASTM A184). (Benítez, 2007).

En todo caso el acero de refuerzo debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 552 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002. (Benítez, 2007).

2) Barras de Sujeción en las juntas: estas deben de consistir en barras corrugadas de acero de lingote grados 300 (40), 400 (60) ó 500 (75), conforme a la sección 552.03 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002. (a). Las barras de acero grados 400 (60) y 500 (75), no deben usarse como barras de sujeción cuando tengan que ser dobladas o reenderezadas durante la construcción (Benítez, 2007).

3) Barras pasadores o dovelas: las dovelas deben ser redondas y lisas de acuerdo a lo indicado en 552.03 (g) de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la girección general de caminos, noviembre 2002. (Benítez, 2007).

4) Materiales para juntas: deben llenar los requisitos estipulados en la sección 5.8 de estas especificaciones. (Benítez, 2007).

5) Materiales para curado: para realizar el proceso de curado en los materiales deben ajustarse a lo que se establece en la sección 5.9 de estas especificaciones. (Benítez, 2007).

Colocación y compactación del concreto.

a) Acondicionamiento de la superficie: se deben acondicionar las losas de concreto ser construidas sobre la superficie de la subrasante, sub-base o base, previamente preparados, de conformidad con las Especificaciones Generales para Construcción

de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, que están vigentes desde Noviembre 2002. (COVIAL, 2002).

b) Colocación del Concreto utilizándose formaleta fija: debe usarse para áreas irregulares o en áreas inaccesibles al equipo de pavimentación de formaleta deslizante o en casos de tramos cortos donde no sea práctico el empleo de este último. (COVIAL, 2002).

Las formaletas se colocarán en cantidad suficiente y con una distancia por lo menos 100 metros adelante de las operaciones de colocación del concreto, que deben ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la base o sub-base con pernos de acero, de modo que soporten sin deformación o movimiento, las operaciones de colocación y vibrado del concreto. (COVIAL, 2002).

El espaciamiento de los pernos, no debe ser mayor de 1 metro, se colocará en el extremo de cada pieza, un perno a cada lado de la junta. Las formaletas no deben desviarse respecto al eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3 mm por cada 3 metros, y deben limpiarse y engrasarse previamente a la colocación del concreto, la descripción completa de este proceso se encuentra detallado en la sección 501.08 (d) de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002. (COVIAL, 2002).

Acabado, texturizado y ranurado del concreto.

a) Acabado final: el acabado final se debe efectuar y seguir el procedimiento estipulado en la sección 553.17 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002 utilizándose el equipo indicado en 501.04 de las mismas especificaciones, (a) y (b), según corresponda. (COVIAL, 2002).

b) Texturizado y ranurado utilizándose pavimentadora de formaleta deslizante: inmediatamente detrás de la alisadora o llana mecánica de la pavimentadora, y una vez el concreto está próximo a perder el brillo se procede al texturizado y ranurado según se describe en las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos. (COVIAL, 2002).

c) Texturizado y Ranurado utilizándose formaletas fijas: debe hacerse preferentemente con un carro o marco texturizador o ranurador como los indicados para la pavimentadora deslizante. En zonas pequeñas e irregulares donde esto no sea factible tanto el texturizado fino longitudinal como el texturizado grueso o ranurado transversal pueden hacerse manualmente con ayuda de rastrillos o escobas adecuados, siguiéndose las recomendaciones señaladas en la sección 501.09 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos. (COVIAL, 2002).

Alisado. Después del enrasado y nivelado indicados, la superficie debe ser uniformizada, alisándola transversal o longitudinalmente, o en ambos sentidos, por medio de una llana o flotador de tipo adecuado. De preferencia, el alisado se debe ejecutar en el sentido longitudinal, excepto en los lugares en los que esta forma no sea factible. El alisado puede ser efectuado manualmente o por máquinas alisadoras que produzcan resultados equivalentes. (COVIAL, 2002).

a) Alisado longitudinal: la llana o flotador de tipo longitudinal, operado desde un andamio, debe ser aplicado con un movimiento de aserrado, conservándolo en posición paralela al eje de la vía y desplazándolo gradualmente de un lado al otro del pavimento. La llana o flotador debe moverse hacia adelante, la mitad de su longitud y la operación se repite hacia atrás (COVIAL, 2002).

b) Alisado transversal: la llana o flotador transversal debe ser operado a lo ancho del pavimento, principiándose en uno de sus bordes, moviéndolo gradualmente hasta el centro y regresándolo de nuevo al borde. El flotador se debe mover luego hacia adelante y a la mitad de su longitud y la operación se debe repetir. Se debe poner cuidado especial en no remodelar la sección transversal del pavimento. (COVIAL, 2002).

Construcción de juntas. Deben construirse conforme se indica en los planos, estas especificaciones y en la sección 501.11 de las especificaciones técnicas para construcción de carreteras y puentes de la dirección general de caminos, noviembre 2002. (COVIAL, 2002).

Los compuestos líquidos deben ser bien mezclados antes de usarlos y agitados continuamente durante su aplicación, para prevenir el asentamiento de los sólidos en suspensión. La membrana debe ser uniforme y aplicada con equipo de rociado o regado, a la velocidad y cobertura por lo que se deben seguir las indicaciones del fabricante, pero en todo caso, no menor de 0.15 Lt./m² de superficie de concreto. La aplicación se debe hacer en dos capas, aplicándose la segunda dentro de los 30 minutos en ángulo recto con respecto a la primera. (COVIAL, 2002).

Si llueve sobre una capa recién aplicada, antes de que la película haya secado lo suficiente para resistir el daño, o en el caso de que la película sea dañada por cualquiera otra causa, se aplicará a las partes afectadas una nueva capa de compuesto líquido para realizar un proceso de curado, o mantener un curado con agua durante el resto del período de curado requerido. (COVIAL, 2002).

El clima determina también procesos que se deben considerar, como en el caso del tiempo caluroso, en el cual las superficies de concreto se deben conservar húmedas por curado continuo con agua, posterior al acabado de las mismas- durante un período

no menor de 24 horas. Pasado este período, se puede aplicar el compuesto líquido de curado, preferiblemente con pigmento blanco, o continuar el curado con agua; cuando se registre temperaturas ambientales de 32° C o mayores y vientos secos, es recomendable suspender el uso del compuesto líquido de curado y aplicar el curado con esterillas de algodón o brines mojados complementados con rociado de agua finamente pulverizada, previa aprobación del Supervisor (Valenzuela, 2007).

Remoción de las formaletas: las formaletas deben ser removidas hasta que el concreto haya alcanzado una resistencia suficiente para resistir daños, pero no antes de las 24 horas después de haber colocado el concreto. Si se permite el uso de aditivos acelerantes del fraguado, las formaletas podrán retirarse a las 12 horas de la colocación del concreto. Los lados de las losas recién expuestas deben ser protegidas de inmediato con un método de curado igual al aplicado a la superficie del pavimento. Debe asimismo protegerse contra la erosión, la sub-rasante, sub-base o base bajo la losa del pavimento hasta que se construyan los hombros. (Valenzuela, 2007).

Relleno y sellado de juntas: se debe hacer conforme a lo indicado en los planos del proyecto y estas especificaciones. (COVIAL, 2002).

Control de calidad, tolerancias y aceptación: se deberán hacer según lo estipulado en la sección 501.16 de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos. (COVIAL, 2002).

Transversales. Este sistema permite el drenaje en carreteras, es el conjunto de obras que están destinadas a recolectar, encauzar, y evacuar las aguas pluviales, tanto superficiales como subterráneas, para garantizar la estabilidad e integridad de la misma, y se puede clasificar en tres tipos: (Benítez, 2007).

a) Drenaje transversal.

b) Drenaje longitudina”.

c) Sub-drenaje.

En proyectos de rehabilitación y mejoramiento de carreteras, el trabajo consiste en la construcción o limpieza, reacondicionamiento o remoción de las estructuras de drenaje existentes. (Us, 2007).

En el caso de que las carreteras crucen cauces naturales o las condiciones no permiten construir canales de desfogue para evacuar las aguas superficiales o profundas, es obligada la construcción de obras adecuadas que permitan el paso de las aguas por debajo de la sub- rasante. Estas obras que deben funcionar hidráulica y estructuralmente bien, que encauzan y conducen las aguas de un lado de la carretera hacia el otro por debajo de la sub-rasante para desfogarlas hasta un lugar adecuado, constituyen lo que se conoce como drenaje transversal. (Us, 2007).

a) Alcantarillas (transversales). El sistema más utilizado es el de alcantarillas donde el tipo de tubería puede ser de concreto reforzado, de metal corrugado o de material plástico. (Us, 2007).

La ubicación de las mismas se encuentra en el cuadro de localización de drenaje transversal, que debe indicar el tipo de tubería, diámetro y estación referida a los planos de planta y perfil donde se debe construir. (Us, 2007).

Los tubos deben ser de los diámetros y clases requeridas y colocarse sobre un lecho de cimentación apropiadamente preparado, de acuerdo con los planos, determinaciones generales y disposiciones especiales. Este renglón implica labores de excavación y relleno estructural, no sólo para alojarse en las alcantarillas, sino que también para los cabezales de entrada, salida y las cajas reunidoras de caudales. (Us, 2007).

la elaboración de las juntas de los tubos de concreto debe ser calafateadas y llenadas con mortero o lechada espesa de cemento hidráulico. Antes de hacer la unión con mortero se deben mojar las juntas por completo. El mortero debe ser en proporción volumétrica de una parte de cemento y tres partes de arena de río. Se utiliza mortero con suficiente espesor, de igual forma verificar que la superficie interior entre dos tubos quede al mismo nivel. (Us, 2007).

Luego de colocada la sección, se llena el resto de la junta formándose un anillo exterior a su alrededor el cual debe ser protegido del sol y del aire después del fraguado inicial cubriéndolo con tierra saturada de agua. Se limpia y alisa el interior de la junta. El relleno se efectúa hasta que el mortero haya endurecido lo suficiente para no dañarlo. (Us, 2007).

Las alcantarillas de metal corrugado están formadas con secciones semicirculares provistas de pestañas salientes con agujeros para colocar los pernos de armado. Cuando se procede al armado de las mismas, las uniones transversales de las secciones semicirculares de la parte superior e inferior de la alcantarilla anidable deben ser alternas por lo que al adquirir el material también se incluyen medias secciones. (Us, 2007).

Es importante tomar en cuenta las instrucciones del fabricante acerca del armado, procedimiento para realizar el relleno, el espesor mínimo de relleno sobre la alcantarilla, recomendaciones para la colocación en zanja, en terraplén, en cimentación blanda en cimentación rocosa, etc. (Us, 2007).

Normas de calidad para pavimentos.

AASHTO es líder internacional en el desarrollo de estándares técnicos para todas las fases de ejecución del sistema de carreteras. Emite normas para el diseño,

construcción de carreteras y puentes, materiales y otras áreas técnicas. Según la misma organización, sirve como un fermento para la excelencia en el transporte al ofrecer: soluciones inteligentes y prácticas prometedoras; información crítica, entrenamiento y datos; asistencia técnica directa a los estados; y ofrece una gama de experiencia indiscutible. (Córdoba, 2019).

Su objetivo principal es fomentar el desarrollo, operación y mantenimiento de los sistemas nacionales integrados de transporte. (Córdoba, 2019).

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	551.05 *
		Adhesivos para concreto	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	Acero de Refuerzo	Sección 552*
	AASHTO T 104	Barras de Sujeción	501.03 (g) (2) *
de Sodio	ASTM C 88	Dovelas	501.03 (g) (3) y
Muestreo de concreto fresco en el campo	AASHTO T 141 ASTM C 172 NGO 41057		552.03 (g) * 501.03 (f) y 551.11 *
		Clase y Resistencia del Concreto	

Asentamiento del concreto	AASHTO T 119 (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.

Base legal.

Código Municipal.

ARTICULO 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:

- a) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas

ARTICULO 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:

- a) 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 creado en el gobierno del Presidente de la República de

Guatemala, Jorge Ubico Castañeda el 5 de junio de 1942, a través de un Acuerdo Gubernativo. Este actualmente se considera una ley ordinaria específica en dicha materia; sin embargo, el ordenamiento jurídico vigente establece que para que exista un Reglamento debe existir una ley creada mediante los procedimientos establecidos previamente, en virtud de que los reglamentos desarrollan la competencia de la ley y constituyen los procedimientos a seguir para la aplicación de la norma habitual. (Tipografía Nacional, 2000).

Su creación tiene como objeto de regular todo lo concerniente a los caminos y carreteras del país, indicándose 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).

Decreto número 1000 del Congreso de la República de Guatemala.

Fue creado en 1953. En éste se declara de urgencia nacional el mantenimiento, la ampliación de los caminos y carreteras ya existentes y la construcción de nuevos caminos y carreteras y de utilidad y necesidad pública la expropiación de bienes para ampliar y construir dichas carreteras. Esta ley faculta al Organismo Ejecutivo para ocupar en forma inmediata los bienes inmuebles que considere necesarios para la construcción de nuevas carreteras. (Tipografía Nacional, 2000).

El Congreso de la República de Guatemala al crear este Decreto, consideró, que la apertura de nuevas carreteras aumentaría el valor de los terrenos por donde estas atravesaran, creándose manifiesta plusvalía de esas tierras. (Tipografía Nacional, 2000).

Sin embargo desde el principio se encuentra con el rechazo de los propietarios de las fincas afectadas y el excesivo precio que éstos ponían a las fracciones de terreno que iban a ser expropiados, lo que causó que grandes proyectos carreteros que hubieran

sido de gran beneficio para la nación, quedaran en el abandono, llevándose a cabo únicamente los estudios técnicos y las mediciones pero sin que se llegara a ejecutar alguno, debido al excesivo costo que en tiempo y en dinero implicaba para el Estado. (Tipografía Nacional, 2000).

Decreto Ley número 110. Fue emitido por el jefe de Gobierno de la República de Guatemala, Enrique Peralta Azurdia, el 19 de septiembre de 1963 y publicado en el Diario Oficial de Centroamérica en Recopilación de Leyes de la República. (Tipografía Nacional, 2000).

En este decreto se establecen ciertas reformas al Decreto número 1000 del Congreso de la República, asimismo instituye el procedimiento para la expropiación de bienes inmuebles que debe llevarse a cabo por el ente encargado para el efecto, y la forma en que se indemnizará a las personas propietarias que sean afectadas por el proyecto y la construcción de vías de comunicación terrestre, a través de la intervención estatal. (Tipografía Nacional, 2000).

Surge a raíz de la demora que se observa en la obtención del derecho de vía de las carreteras y el retraso en su construcción, debido al uso y aplicación del reglamento de derecho de vía, retraso éste que eleva considerablemente el costo de la construcción de las mismas, lo cual, aunado a la falta de una norma específica que trate por completo los temas relacionados con caminos y carreteras, constituye un obstáculo para la obtención del área ya mencionada, del financiamiento respectivo y ocasiona pérdidas muy grandes a la economía nacional con perjuicio de la colectividad. (Tipografía Nacional, 2000).

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “el incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para la aplicación de pavimento rígido”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo,

De estas, una población (Profesionales de Bomberos Voluntarios y Municipales; Policía Nacional Civil; PROVIAL, de la región de Cantel, Quetzaltenango) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del censo por medio de la población finita cualitativa, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

La segunda población de estudio (Profesionales de Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel; Dirección Municipal de Caminos de la región de Cantel) 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 13 profesionales entre Bomberos Voluntarios y Municipales; Policía Nacional Civil; PROVIAL, de la región de Cantel, Quetzaltenango; para responder causa, se identificaron a 5 profesionales de las siguientes dependencias Dirección Municipal de Planificación y Dirección Municipal de Caminos de la región de Cantel.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

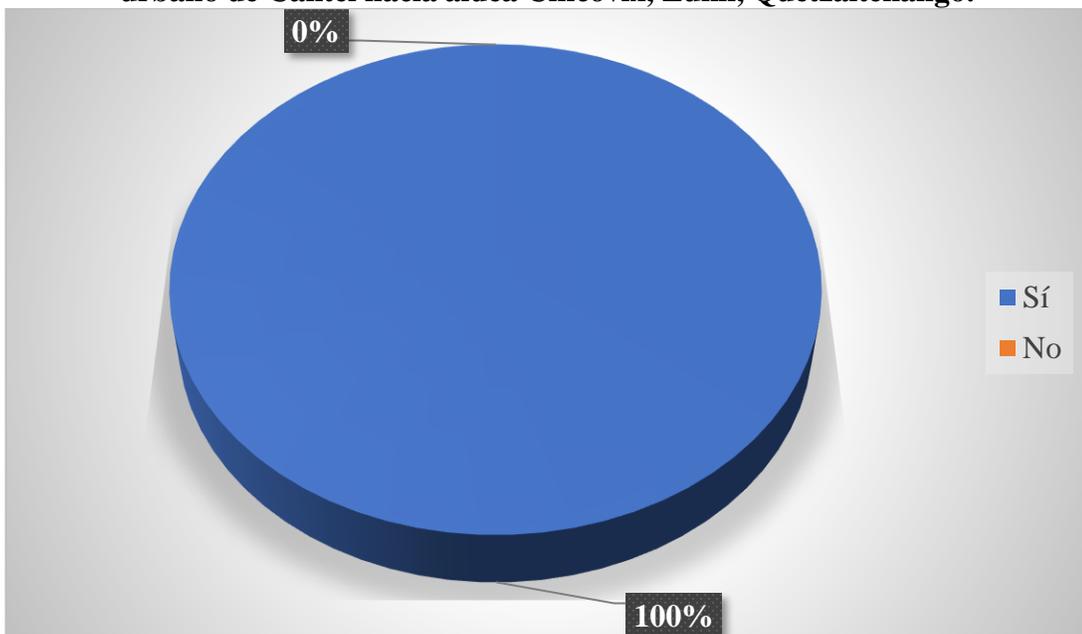
III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

Cuadro 7: Accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	13	100
No	00	00
Totales	13	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 1: Accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

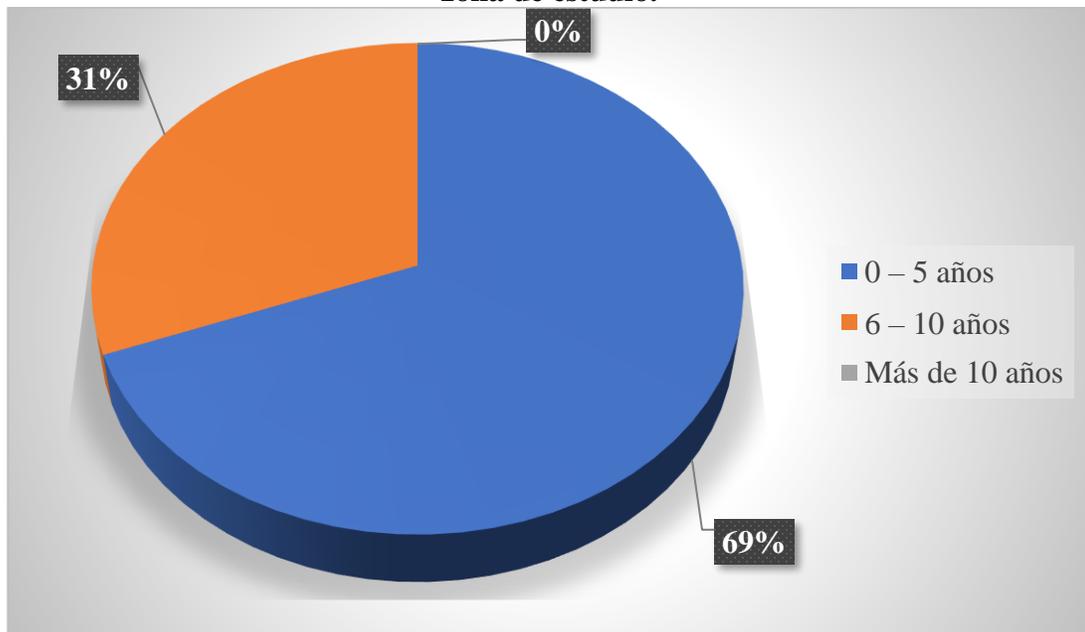
El efecto se confirma mediante la opinión de la totalidad de profesionales al indicar que, si existe el incremento de accidentes viales y peatonales, lo que afecta la calidad de vida de los transeúntes.

Cuadro 8: Tiempo presentándose accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 5 años	09	69
6 – 10 años	04	31
Más de 10 años	00	00
Totales	13	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 2: Tiempo presentándose accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

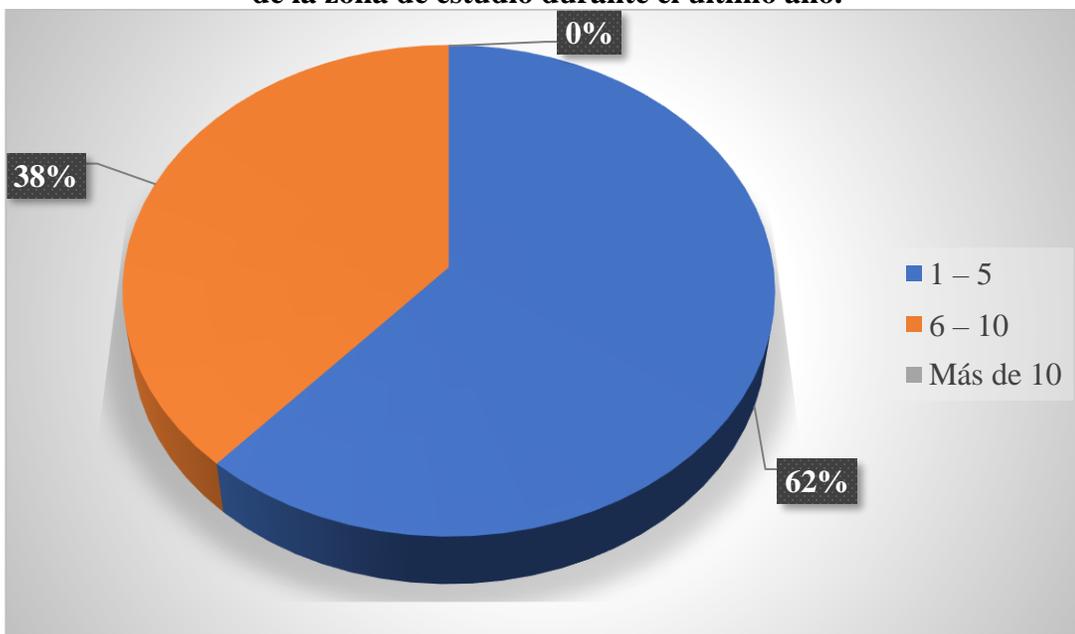
La mayoría de los encuestados indican que los accidentes viales y peatonales en el camino de la zona de estudio han mostrado un aumento sostenido desde hace cinco años aproximadamente, por otro lado, una menor parte considera que esta situación se ha percibido desde hace 6 a 10 años; con esta información se valida el efecto.

Cuadro 9: Cantidad de incremento de accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio durante el último año.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 5	08	62
6 – 10	05	38
Más de 10	00	00
Totales	13	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 3: Cantidad de incremento de accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio durante el último año.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

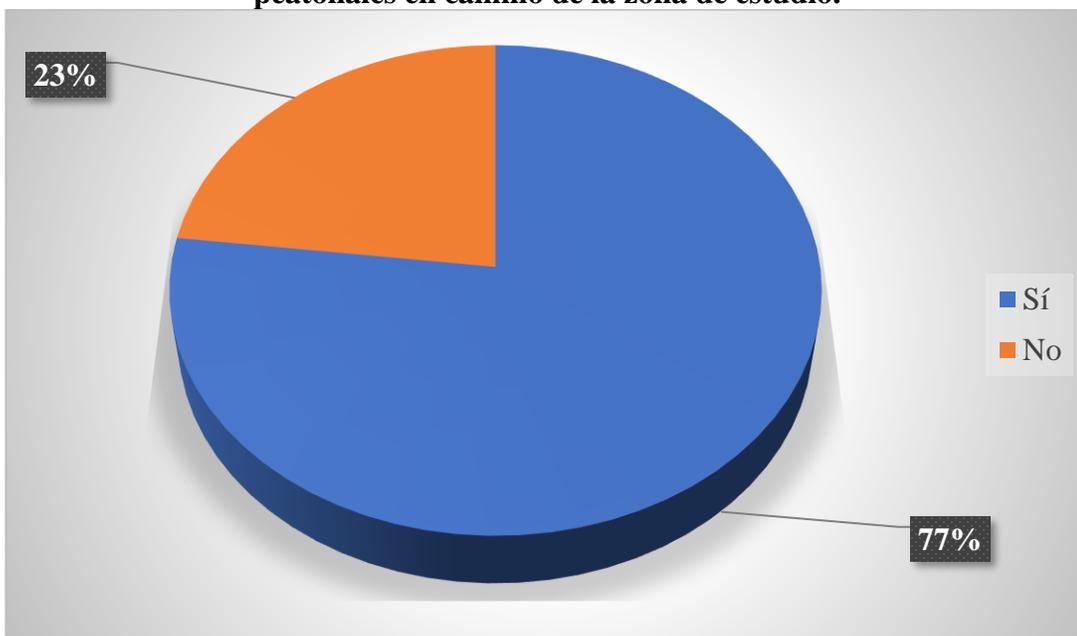
La mayor parte de los encuestados consideran que el aumento de accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio han aumentado entre 1 a 5 percances durante el último año, por otra parte, una parte más reducida considera que este aumento es entre 6 y 10 percances; con estos datos se comprueba el efecto planteado.

Cuadro 10: Dificultades en tránsito por incremento accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	10	77
No	03	23
Totales	13	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 4: Dificultades en tránsito por incremento accidentes viales y peatonales en camino de la zona de estudio.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

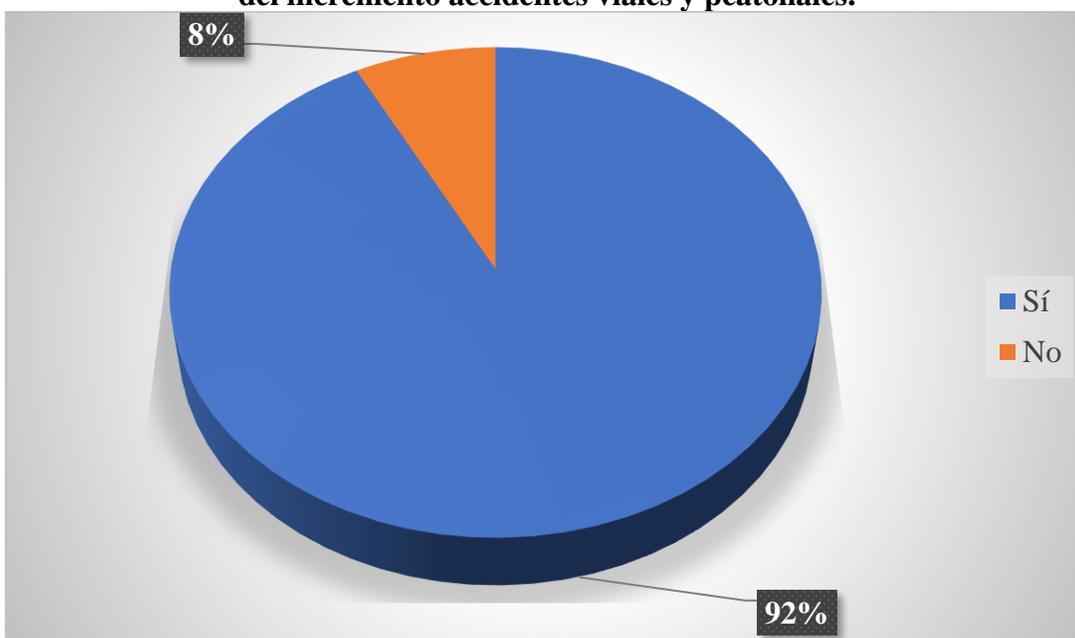
Gran parte de los encuestados manifiestan que el aumento en accidentes viales y peatonales ha dificultado el tránsito en el camino de la zona de estudio, mientras que una pequeña parte restante considera que esta es una situación normal en los caminos; con esta información se da validez al efecto.

Cuadro 11: Malas condiciones en camino de la zona de estudio como precursor del incremento accidentes viales y peatonales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	12	92
No	01	08
Totales	13	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 5: Malas condiciones en camino de la zona de estudio como precursor del incremento accidentes viales y peatonales.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

La mayoría de los encuestados aseguran que el precursor detrás del aumento de accidentes viales y peatonales son las malas condiciones del camino de la zona de estudio, por otro lado, una reducida parte restante señala otras posibles causas; con esta información se corrobora el efecto nuevamente.

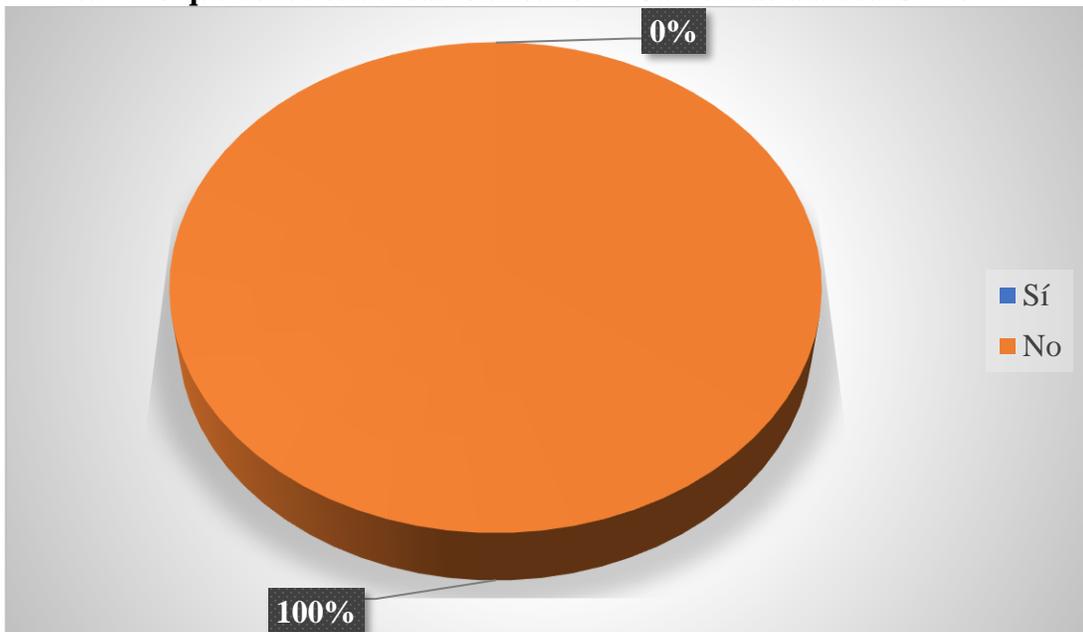
III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.

Cuadro 12: Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	05	100
Totales	05	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 6: Existencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

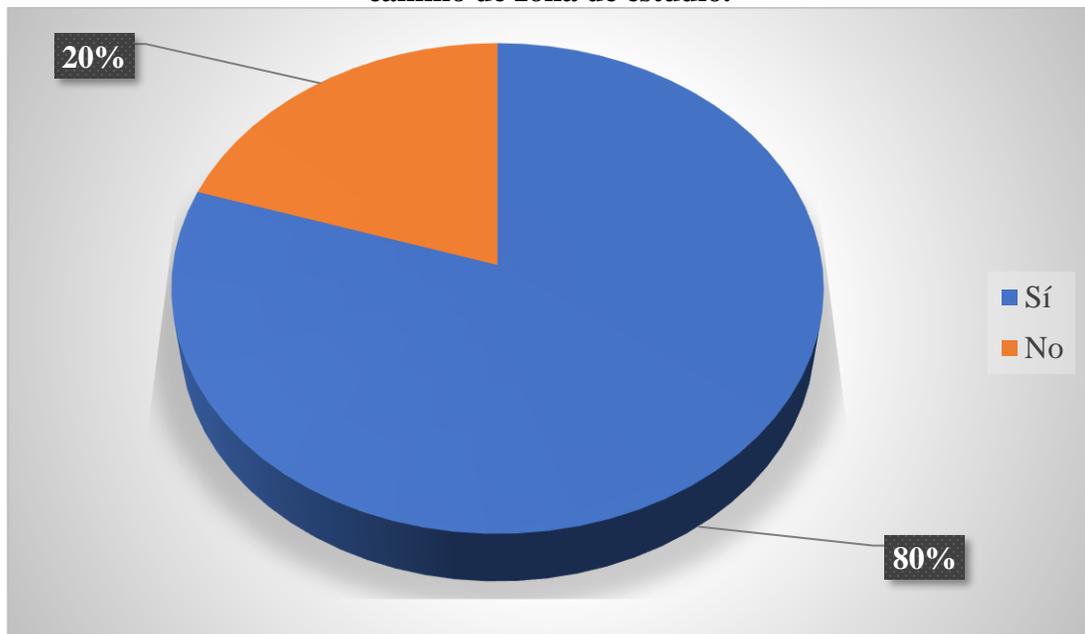
La causa se confirma directamente por medio de la opinión del total de los profesionales encuestados, los cuales indican que no se cuenta con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.

Cuadro 13: Necesidad de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	04	80
No	01	20
Totales	05	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 7: Necesidad de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

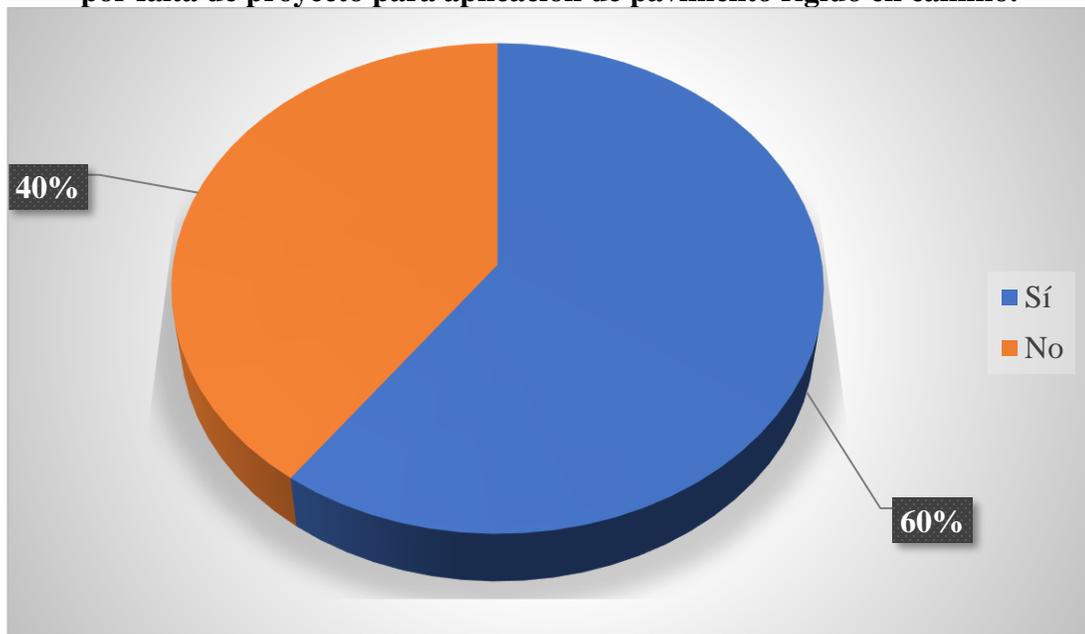
Cuatro quintas partes de los encuestados manifiestan que la implementación de un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio es de carácter urgente, mientras que una quinta parte considera que se tienen otras prioridades en la zona; con esta información se da validez a la causa.

Cuadro 14: Calidad de vida de los habitantes del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	03	60
No	02	40
Totales	05	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 8: Calidad de vida de los habitantes del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

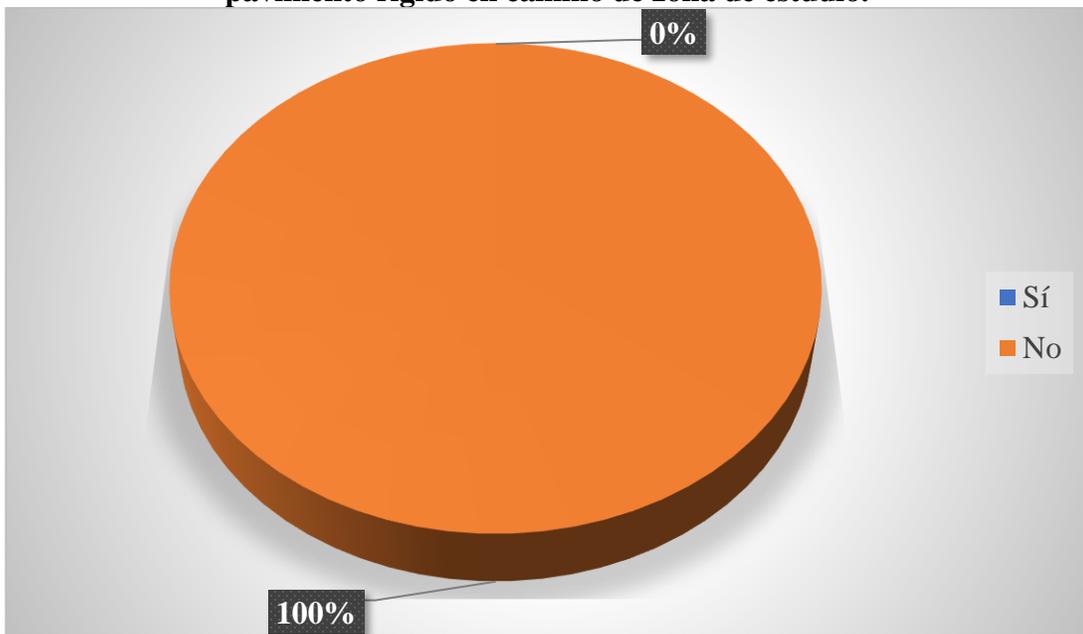
Tres quintas partes de los encuestados afirman que la calidad de vida de los habitantes del área de estudio se ve perjudicada por no contar con un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino, por su parte, dos quintas partes consideran que la ausencia de este proyecto no afecta a tal escala; con esta información se corrobora la causa.

Cuadro 15: Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	00	00
No	05	100
Totales	05	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 9: Planificación para implementar proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

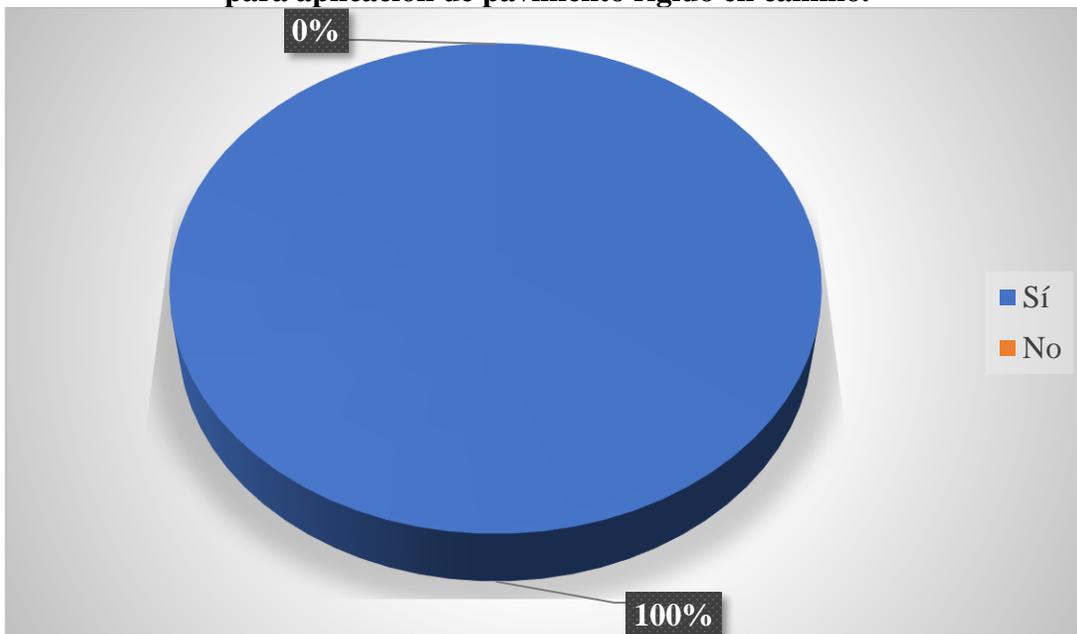
Todos los profesionales encuestados indican que no han considerado dentro de su planificación laboral la implementación de un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de zona de estudio, con esta información se valida la causa planteada.

Cuadro 16: Economía del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	05	100
No	00	00
Totales	05	100

Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Gráfica 10: Economía del área de estudio perjudicada por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.



Fuente: Profesionales encuestados, abril 2022.

Análisis:

La totalidad de los profesionales consideran que la economía de la zona se ha visto afectada de manera negativa debido a no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino, con esta información recopilada se corrobora una vez más la causa.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

IV.1 Conclusiones.

La investigación se realizó en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, con 13 profesionales de PNC, PROVIAL y Bomberos Municipales, así como 5 profesionales de dependencias municipales; 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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para la aplicación de pavimento rígido”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.
2. Los accidentes viales y peatonales no han disminuido en el camino de la zona de estudio.
3. El aumento en accidentes viales y peatonales se han percibido desde hace cinco años aproximadamente.
4. Se ha reportado un incremento de entre 1 a 5 accidentes viales y peatonales en el camino del área durante el último año.
5. El tránsito en el camino del área de estudio se ha dificultado por accidentes viales y peatonales.

6. El camino de la zona de estudio no se encuentra en buenas condiciones para transitar.
7. No se cuenta con proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.
8. Ejecutar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de la zona es de carácter urgente.
9. La calidad de vida de los habitantes del área de estudio se ha visto perjudicada al no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido.
10. Los profesionales del área de estudio no consideran ejecutar un proyecto para aplicación de pavimento rígido.
11. La economía del área de estudio no ha podido desarrollarse adecuadamente por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido.

IV.2 Recomendaciones.

Los datos obtenidos a través de la investigación en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, arrojan incremento de viales y peatonales, provocado por falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido, por tanto, que se recomienda emplear las sugerencias descritas a continuación.

1. Ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.
2. Establecer estrategias de mejoramiento de infraestructura vial para detener el aumento de accidentes viales y peatonales en el área de estudio.

3. Resolver las deficiencias viales que han permitido el aumento de accidentes viales y peatonales en el área en los último cinco años.
4. Disminuir la cantidad anual de accidentes viales y peatonales reportados en el área de estudio.
5. Facilitar el tránsito vehicular y peatonal en el camino de la zona de estudio por medio de iniciativas de remozamiento vial.
6. Organizar actividades puntuales de mantenimiento vial para mejorar las condiciones actuales de tránsito.
7. Desarrollar adecuadamente el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.
8. Agilizar los procesos de gestión que permita la ejecución inmediata del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de la zona de estudio.
9. Mejorar la calidad de vida de los habitantes del área mediante la ejecución de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.
10. Exigir a las autoridades correspondientes la implementación de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino de la zona de estudio.
11. Promover el desarrollo económico del área de estudio a través de un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Abbas, A., Hefny, A., & Abu-Zidan, F. (2011). *Seatbelts and road traffic collision injuries*. Sidney, Australia: World J Emerg Surg.
2. Anon, E. (1991). *Highway construction/ Ground insulation*. Roma, Italia: BAYLI.
3. Argueta, B. E. (2014). *MANUAL DE APLICACIÓN TÉCNICA DEL DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS Y PUENTES DE GUATEMALA*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Argueta, B. E. (2014). *MANUAL DE APLICACIÓN TÉCNICA DEL DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS Y PUENTES DE GUATEMALA*. Ciudad de Guatemala Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Banco Mundial. (2014). *Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III)*. Ginebra, Suiza: BM.
6. Barrera, P. (19 de Agosto de 2020). *Virginia Abogados*. Obtenido de Causas y factores de riesgo de accidentes peatonales: <https://www.virginia-abogados-de-accidentes.com/blog/2020/august/causas-y-factores-de-riesgo-de-accidentes-peaton/>
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. Benítez, E. R. (2007). *ESTUDIOS PRELIMINARES Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE UN TRAMO CARRETERO, "SAN VICENTE PACAYA A EL PATROCINIO", ESCUINTLA*. Guatemala: Usac.
10. Benítez, R. (1999). *Trazado de vías*. La Habana, Cuba: Producciones del MES.
11. Bolaños, W. R. (2007). *GUIA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PAVIMENTOS Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS*. Guatemala: USAC.

12. Bridle, R., & Porter, J. (2002). *The Motorway Achievement: Frontiers of Knowledge and Practice*. Atlanta, EE.UU.: Thomas Telford.
13. Carciente, J. (1985). *Carreteras, estudio y proyecto*. Madrid, España: Vega S. A.
14. Carrazana Gómez, R., & Rubio Casanovas, M. (1997). *Técnicas básicas de construcción*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
15. Córdoba, D. (23 de Junio de 2019). *Arkin*. Obtenido de Estándar de calidad en pavimentos: <https://arkin.mx/estandar-de-calidad-en-pavimentos/>
16. COVIAL. (2002). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: COVIAL.
17. Escobar, M. (2011). La carretera y sus firmes. *CIMBRA*, 23.
18. Espasa. (1940). *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Madrid, España: Omega.
19. European Communities and Transportation. (2007). *Road Transport (Europe)*. Bruselas, Bélgica: Overview.
20. Federal Highway Administration. (2008). *Warm Mix Asphalt Technologies and Research*. Londres, Reino Unido: FHA.
21. Fernández, M. (2016). *Definiciones, Licencias, Permisos de Conducir y Documentación del vehículo*. Córdoba, Argentina: Ediciones Matfer.
22. Garcia, I. (1984). *Topografía, Principios Básicos y Planimetría*. Guatemala: Usac. .
23. Garcia, M. A. (2011). *PAVIMENTOS*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
24. Gonzalez Gonzalez, J. (2011). *Criminología vial. Un nuevo enfoque multidisciplinar*. Buenos Aires, Argentina: Alfa.
25. Ingenieros Consultores de Centro América. (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones.
26. Ingenieros consultores de Centro América, S. (2011). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. En S. Ingenieros consultores de Centro

- América, *Pavimento de concreto de cemento hidráulico*. (pág. 339). República de Guatemala.
27. Iturbide, J. C. (2002). *Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos*. Mexico: Chiguagua.
 28. Kraemer, P. R. (2003). *INGENIERIA DE CARRETERAS* (Vol. I). Madrid, España: COFAS, S.A.
 29. Laurenec, I. (1960). *Ingeniería de carreteras*. México, México: Continental S. A.
 30. Leeke, S. (21 de Agosto de 2017). *Leeke Law*. Obtenido de ¿Qué es exactamente un accidente peatonal y que no un peatón siempre tiene el derecho de paso?: <https://www.leekelaw.com/es/faqs/que-es-exactamente-un-accidente-peatonal-y-que-no-un-peaton-siempre-tiene-el-derecho-de-paso/>
 31. Lendering, J. (2008). *Royal Road*. Teherán, Irán: Iran Chamber of Society.
 32. Márquez, D. (2014). *Peatonabilidad, Accesibilidad o Caminabilidad y la Legislación del Distrito Federal en Materia Urbana y Vialidad*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma de México (UNAM).
 33. Ministerio de Fomento de España. (2012). *Norma 6 I.C de Firmes*. Madrid, España: MFE.
 34. Orantes, M. E. (2012). *Diseño del pavimento rígido para el tramo carretero de aldea Loma Larga a aldea Laguna Seca, municipio de Amatitlan, Departamento de Guatemala*. Guatemala: usac.
 35. Ordoñez, C. G. (2006). *DISEÑO DE: AMPLIACION DE 1.45 KM. DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL SECTOR 2 DE LA ALDEA FRA Y BARTOLOME DE LAS CASAS EL CERINAL Y ESCUELA DE PARVULOS DE DOS NIVELES DEL CANTON UTZUMAZATE DEL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANA ROSA*. Guatemala: Usac.
 36. Pérez Peñalva, M. (2009). *Diseño de una carretera versus el comportamiento de los conductores. adelantamiento, velocidad y distancia de visibilidad*. Madrid, España: MundiPrensa.

37. Pérez, L. (2016). *¿Tráfico o tránsito? Dudas del idioma*. Guatemala, Guatemala: Universidad Francisco Marroquín.
38. Portabales, I., Guerrero, S., Sánchez, I., & Velásquez, J. (26 de Junio de 2018). *Banco Mundial Blog*. Obtenido de Seguridad vial: Más allá de los automóviles: <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/seguridad-vial-m-s-all-de-los-autom-viles>
39. Robertson, L. (2015). *Injury Epidemiology: Fourth Edition*. Manchester, UK: Nanlee.
40. Ruano, R. F. (2006). *DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA ALDEA LAS JOUAS-CRUCE LA ESPERANZA Y; DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA MIRIAM I, SANA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA*. Guatemala: Usac.
41. Salazar Velásquez, J. (2012). *Indicadores estatales de seguridad vial*. Madrid, España: Agencia Nacional de Tránsito.
42. Tabasso, C. (2009). *Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial*. Santiago de Chile: PP.
43. Taylor, G., Easter, K., & Hegney, R. (2006). *Mejora de la salud y la seguridad ciudadana*. Madrid, España: Elsevier.
44. Tipografía Nacional. (2000). *Recopilación de Leyes de la República*. Guatemala, Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.
45. Us, V. V. (2007). *DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL TRAMO CARRETERO DEL CASERIO EL HATO HASTA LA ALDEA EL CERRITO Y DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD VALLE SAN ARTURO, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA*. Guatemala: Usac.
46. Valenzuela, J. R. (2007). *DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA EL ROSARIO Y DRENAJE SANITARIO PARA EL MICRO PARCELAMIENTO EL NARANJO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA*. Guatemala: Usac.

47. Vargas Sanabria, M., & Solano Calderón, L. (2010). *Regulación y Control del Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
48. Villarroel Ortiz, M. (2013). *Datos sobre la seguridad vial en la Región de las Américas*. Santiago de Chile: Organización Panamericana de la Salud.
49. Word FAQ. (24 de Marzo de 2007). *Lexico Publishing Group, LLC*. Obtenido de What is the difference between a road and a street?: Dictionary.com

ANEXOS.

Anexo 1. Formato dominó.

Modelo de investigación: Dominó

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

Elaborado por: Cristian Yhosimar Colop Calderón Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 14 de diciembre 2020.

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente Incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general Disminuir accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los accidentes viales y peatonales en el área de estudio, y a la vez se soluciona la problemática en 85%. Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; de la Dirección municipal de la Policía Nacional Civil; reportes de los cuerpos de socorro locales; entrevistas a transeúntes. Supuestos: La unidad ejecutora, se enlaza con los cuerpos de socorro locales para adoptar la campaña de prevención de accidentes en el área de estudio. Se realizan enlaces con la Policía Nacional Civil para resguardar el estado físico de las señales de tránsito para evitar accidentes. Cooperantes: Cuerpos de socorro locales, y, Policía Nacional Civil (PNC) delegación local.</p>
<p>2) Problema central Mal estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>5) Objetivo específico Mejorar estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	

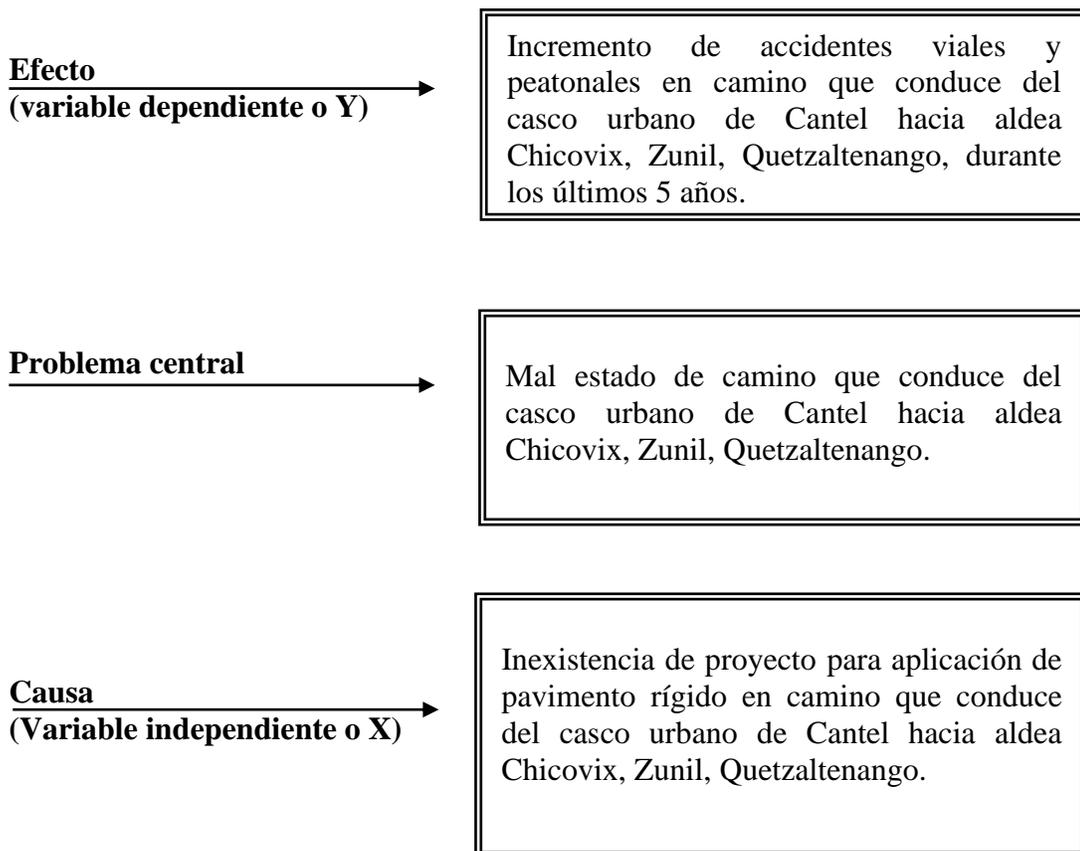
<p>3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>6) Nombre Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se mejora el estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, y a la vez se soluciona la problemática en 95%.</p>
<p>7) Hipótesis El incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido.</p>	<p>12) Resultados o productos * Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango, como Unidad Ejecutora. * Se elabora anteproyecto de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora; reportes de la Dirección Departamental de Caminos; entrevistas a transeúntes. Supuestos: La unidad ejecutora, realiza convenios con la Dirección General de Caminos, del área en estudio para garantizar el buen estado permanente del tramo carretero trabajado. Cooperante : Dirección General de Caminos, del área en estudio.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto a) ¿Considera usted que existe incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango? Sí _____ No _____ b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango? 0-5 años ___ 5-10 años ___ Más de 10 años ___</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo N/A</p>	

<p>c) ¿En cuánto se han incrementado los accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, en el último año? 1-5__ 5-10__ Más de 10__</p> <p>Dirigidas a profesionales de Bomberos Voluntarios y Municipales; Policía Nacional Civil; PROVIAL, de la región de Cantel, Quetzaltenango.</p> <p>Boletas 13, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Conoce si existe proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango? Sí__ No__</p> <p>b) ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango? Sí____ No____</p> <p>c) ¿Cree usted que la falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, afecta la calidad de vida de los habitantes? Sí____ No____</p> <p>Dirigidas a profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel; Dirección Municipal de Caminos de la región de Cantel.</p>	

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

Árbol de problemas.

Tópico: Mal estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.



Hipótesis causal:

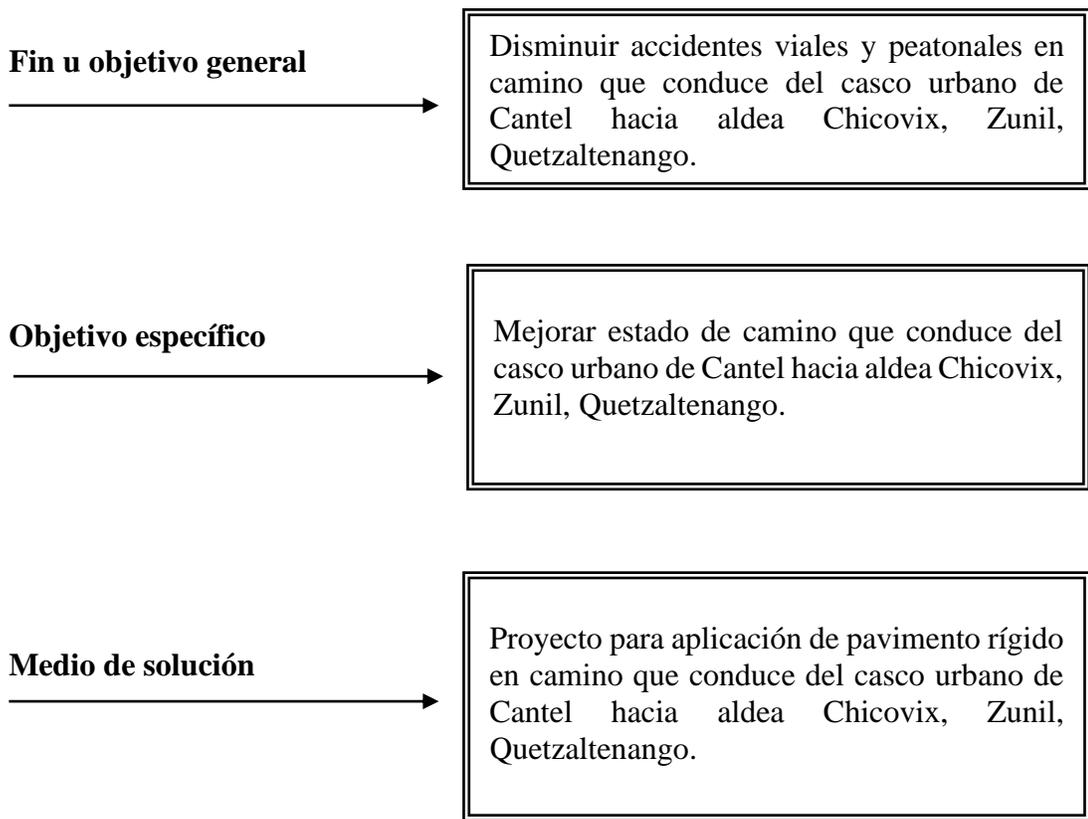
“El incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino?

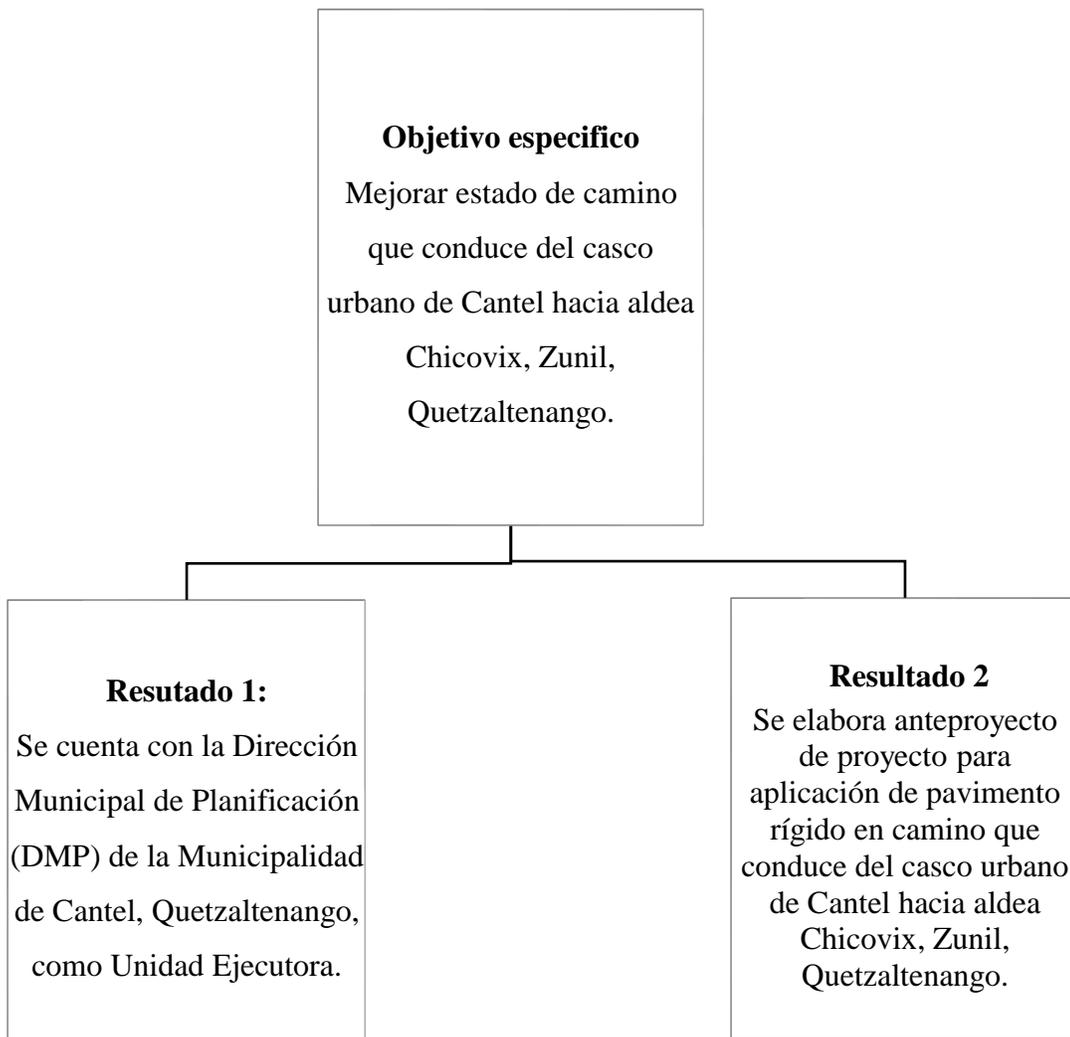
Árbol de objetivos.

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 una solución para la reducción de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, 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 o no la variable dependiente siguiente: **“Incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años”**.

Esta boleta está dirigida a profesionales de Bomberos Voluntarios y Municipales; Policía Nacional Civil; PROVIAL, de la región de Cantel, Quetzaltenango; con el 100% del 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. ¿Considera usted que existe incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango?

Sí _____ **No** _____

2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento de accidentes e incidentes vehiculares y peatonales sobre río Chiquito, barrio El Centro?

2.1. 0 - 5 años _____

2.2. 6 - 10 años _____

2.3. Más de 10 años _____

3. ¿En cuánto se han incrementado los accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, en el último año?

3.1. 1 – 5 _____

3.2. 6 – 10 _____

3.3. Más de 10 _____

4. ¿Considera que ha habido dificultades en el tránsito del camino de estudio por incremento de accidentes viales y peatonales?

Sí _____ **No** _____

5. ¿Cree usted que el aumento de accidentes viales y peatonales se debe a las malas condiciones del camino en el área de estudio?

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 o no la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango”**.

Esta boleta está dirigida a profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel; Dirección Municipal de Caminos de la región de Cantel; con el 100% del 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. ¿Conoce si existe proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango?

Sí _____ No _____

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango?

Sí _____ No _____

3. ¿Cree usted que la falta de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, afecta la calidad de vida de los habitantes?

Sí _____ No _____

4. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación ejecutar un proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino del área de estudio?

Sí _____ No _____

5. ¿Considera que no contar con un proyecto para aplicación de pavimento rígido perjudica la actividad económica en el área de estudio?

Sí _____ No _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

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

Para la población efecto; y causa, respectivamente se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas; de 13 profesionales entre Bomberos Voluntarios y Municipales; Policía Nacional Civil; PROVIAL, de la región de Cantel, Quetzaltenango para comprobar efecto; y, 5 profesionales de las siguientes dependencias Dirección Municipal de Planificación y Dirección Municipal de Caminos de la región de Cantel, para población causa.

Anexo 7. Comentario 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 viales y peatonales en camino de la zona de estudio.

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

Año	X (años)	Y (Incremento de accidentes viales y peatonales)	XY	X ²	Y ²
2017	1	4	4.00	1	16.00
2018	2	6	12.00	4	36.00
2019	3	7	21.00	9	49.00
2020	4	9	36.00	16	81.00
2021	5	12	60.00	25	144.00
Totales	15	38	133.00	55	326.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	133
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	326.00
$\sum Y=$	38
$n\sum XY=$	665
$\sum X*\sum Y=$	570
Numerador=	95

Fórmula:

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

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	1630.00
$(\sum Y)^2=$	1444.00
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	186
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)=$	9300.00
Denominador:	96.43650761
r=	0.98510411

Análisis:

Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.985$ 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 viales y peatonales)	XY	X ²	Y ²
2017	1	4	4	1	16.00
2018	2	6	12	4	36.00
2019	3	7	21	9	49.00
2020	4	9	36	16	81.00
2021	5	12	60	25	144.00
Totales	15	38	133	55	326.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	133
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	326.00
$\sum Y =$	38
$n \sum XY =$	665
$\sum X * \sum Y =$	570
Numerador de b	95
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	1.9
Numerador de a:	
$\sum Y =$	38
$b * \sum X =$	28.5
Numerador de a:	
a:	9.5
a=	1.9

Fórmulas:

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

Fórmulas:

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

Proyección sin proyecto anual mediante la línea recta.

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2022)=	A	+	(b	* X)
Y(2022)=	1.9	+	1.9	X
Y(2022)=	1.9	+	1.9	6
Y(2022)=	13.3			
Y(2022)=	14 Accidentes viales y peatonales			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$			
Y(2023)=	a	+	(b * X)
Y(2023)=	1.9	+	1.9 X
Y(2023)=	1.9	+	1.9 7
Y(2023)=	15.2		
Y(2023)=	16 Accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$			
Y(2024)=	a	+	(b * X)
Y(2024)=	1.9	+	1.9 X
Y(2024)=	1.9	+	1.9 8
Y(2024)=	17.1		
Y(2024)=	18 Accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$			
Y(2025)=	a	+	(b * X)
Y(2025)=	1.9	+	1.9 X
Y(2025)=	1.9	+	1.9 9
Y(2025)=	19		
Y(2025)=	19 Accidentes viales y peatonales		

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$			
Y(2026)=	a	+	(b * X)
Y(2026)=	1.9	+	1.9 X
Y(2026)=	1.9	+	1.9 10
Y(2026)=	20.9		
Y(2026)=	21 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)	=	12.00	-	1.32	10.68
Y (2022)	=	11	Accidentes viales y peatonales		

Y (2023)	=	Y(2022)	-	14%	=
Y (2023)	=	10.68	-	1.50	9.18
Y (2023)	=	10	Accidentes viales y peatonales		

Y (2024)	=	Y(2023)	-	17%	=
Y (2024)	=	9.18	-	1.56	7.62
Y (2024)	=	8	Accidentes viales y peatonales		

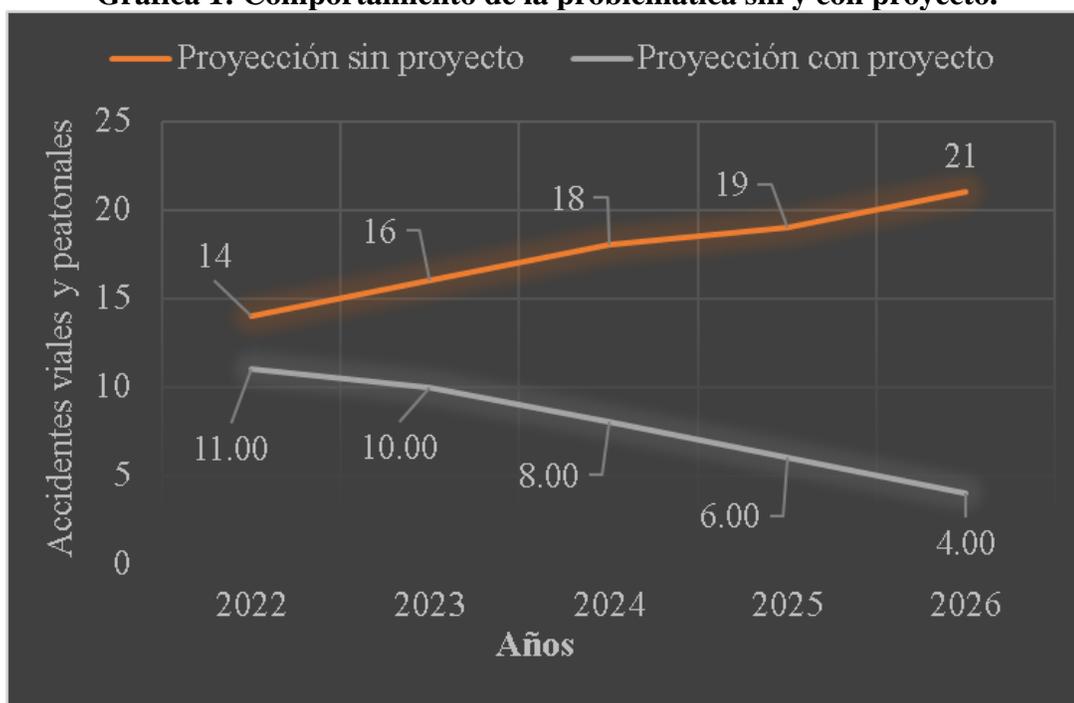
Y (2025)	=	Y(2024)	-	24%	=
Y (2025)	=	7.62	-	1.83	5.79
Y (2025)	=	6	Accidentes viales y peatonales		

Y (2026)	=	Y(2025)	-	34%	=
Y (2026)	=	5.79	-	2.03	3.77
Y (2026)	=	4	Accidentes viales y peatonales		

Cuadro 1: Comparativo sin y con proyecto.

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	14 percances	11 percances
2023	16 percances	10 percances
2024	18 percances	8 percances
2025	19 percances	6 percances
2026	21 percances	4 percances

Gráfica 1: 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 del plan de proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Cristian Yhosimar Colop Calderón.

TOMO II

PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CAMINO
QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA
CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre 2022.

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

Prologo.

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se plantea el “Proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango”.

El informe contiene los resultados de la investigación realizada previo a optar al título de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciatura de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo con los lineamientos técnicos de la Universidad Rural de Guatemala.

El presente informe es resultado del trabajo de investigación sobre la necesidad de construir la infraestructura vial necesaria para que vehículos y personas puedan transitar por el tramo de forma segura.

El interés en realizar una investigación sobre este tema es contribuir para la disminución de percances viales y peatonales en el área de estudio, ya que año tras año estas incrementan y comprometen la seguridad de los habitantes, por lo cual es absolutamente necesario que se ejecute un proyecto constructivo que mejore el camino que comunica a la comunidad con el casco urbano.

Presentación.

La investigación se enfoca en el tópico sobre mal estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, este estudio tiene como finalidad determinar el incremento de accidentes viales y peatonales presentado desde hace cinco años, lo cual amerita realizar una investigación para que los profesionales tengan una solución.

El objetivo de la investigación es concretar una propuesta de solución factible para implementar una obra civil adecuada para facilitar el paso de los usuarios por el tramo carretero de estudio.

Como medio para solucionar la problemática se propone ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido, esta propuesta está dirigida a los profesionales de obras públicas del municipio.

La investigación realizada es el punto de partida, puesto que permite la detección y diagnóstico del problema basado en metodología y técnicas de estudio, lo cual sugiere la veracidad de dicho problema y que su resolución no es un esfuerzo absurdo.

Índice general

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

I. RESUMEN.

El presente informe contiene a manera de síntesis los preceptos que explican la base metodológica utilizada durante el proceso investigativo de la problemática sobre el aumento en la cantidad de accidentes viales y peatonales sobre camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, por mal estado del tramo vial, producto de no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido; que llevaron hasta la comprobación de las variables del problema identificado, así como proponer y plantear la posible solución del mismo.

Planteamiento del problema.

El presente informe sobre infraestructura vial, tiene origen en el incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, por malas condiciones del tramo vial, producto de faltar proyecto para aplicación de pavimento rígido; esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha perjudicado el tránsito vehicular y peatonal normal de los usuarios del camino.

El incremento de accidentes e incidentes vehiculares y peatonales sobre este camino, hace referencia a que los percances viales como colisiones vehiculares, caídas en motocicletas, empotramiento de vehículos y atropello de peatones, se han disparado en los últimos cinco años, por lo que el paso por el tramo se ha vuelto peligroso y hace vulnerable a todo aquel que necesiten transitar desde el casco urbano hasta la comunidad, por ende, el tránsito se ha visto perjudicado y en ocasiones hasta interfiere con la actividad comercial de la zona.

Este efecto se ha percibido por mal estado del camino de la zona, puesto que actualmente se cuenta únicamente con un camino de terracería que ha sido descuidado por la administración municipal, por lo que no se cuenta con un plan de mantenimiento

preventivo propiciándose el aparecimiento de baches, hundimientos, derrumbes y zanjas por escorrentía pluvial agravándose durante en la época lluviosa.

Toda esta situación se presenta como consecuencia de no contar con proyecto para aplicación de pavimento rígido, con el que se mejore su infraestructura vial del tramo carretero y se facilite el tránsito por el área.

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 vía de paso en óptimas condiciones.

Hipótesis.

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.

Hipótesis causal. “El incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

Hipótesis interrogativa. ¿Será la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido la causante del incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino?

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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Específico.

Mejorar estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Justificación.

Actualmente, en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, se reportaron un total de 12 accidentes viales y peatonales en el camino, esta es una cantidad mayor de percances de la reportada hace cinco años, cuando solo se presentaron 4 percances, esto repercute en el bienestar de los habitantes del área, puesto que transitar por el área en vehículo se ha vuelto una actividad riesgosa y de absoluta necesidad para abastecer su comunidad.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los accidentes viales y peatonales se incrementan en un 21.05% al año, esto por el mal estado del camino del área, a causa de faltar un proyecto para aplicación de pavimento rígido.

Esta situación tenderá al incremento de los accidentes viales y peatonales en el tramo carretero en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que los percances reportados para el año 2026 serán 21.

Por lo tanto, se cataloga como urgente implementar como solución del problema una propuesta para la construcción de una carretera de tipo pavimento rígido, que facilite la circulación de vehículos y peatones, con lo que se ofrecerá mayor seguridad a los pilotos, tripulantes y transeúntes. Con este proyecto no solo se pretende salvar vidas

sino también preservar el patrimonio de los usuarios al reducirse daños materiales, esto a su vez promovería el desarrollo social y económico de la comunidad que cuenta con el camino como único medio de comunicación vial.

Resulta indispensable para el bienestar generalizado de las familias la ejecución de esta propuesta para pavimentar el camino 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.

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

Métodos.

Los métodos utilizados variaron en relación a 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 de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Las técnicas utilizadas fueron:

a) Observación directa. Esta se realizó directamente sobre el camino de la zona de estudio, a cuyo efecto se observó las malas condiciones del tramo vial, confirmándose así el riesgo constante que supone el paso los conductores de vehículos y motocicletas, así como a los peatones; se examinó también sobre las principales causas del problema, por último, las acciones implementadas por las autoridades municipales para dar solución al problema.

b) 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.

c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los profesionales de las instituciones de supervisión de tramos viales, así como los profesionales 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 camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix 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 viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido”.

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:

a) 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.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar la técnica del censo estadístico para evaluar tanto la población efecto

(variable Y), como la población causa (variable X); se hizo uso de esta técnica, puesto que las poblaciones identificadas se componían únicamente de 13 y 5 elementos respectivamente, con lo que se establece que el nivel de confianza para la comprobación de los dos casos será del 100% y el margen de error de 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 a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; 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 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 la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Resumen de resultados.

Resultado 1: Unidad Ejecutora (Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango).

Actividad 1: Espacio físico.

Actividad 2: Material y equipo.

Actividad 3: Personal técnico.

Actividad 4: Recursos financieros.

Resultado 2: Se elabora anteproyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Actividad 1: Permisos legales.

Acción 1: Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Acción 2: Licencia Municipal.

Acción 3: Notificación al COCODE.

Acción 4: Licencia de la Dirección General de Caminos.

Actividad 2: Estudios técnicos.

Acción 1: Suelos.

Acción 2: Hidrológico.

Acción 3: Transito.

Acción 4: Topografía.

Actividad 3: Preparación del terreno: Procedimiento.

Acción 1: Limpieza.

Acción 2: Nivelación.

Actividad 4: Preliminares.

Acción 1: Aplicación de rasante.

Acción 2: Aplicación de base.

Actividad 5: Aplicación de Pavimento: Procedimiento.

Acción 1: Preparación de materiales.

Acción 2: Aplicación de pavimento.

Actividad 6: Complementarios.

Acción 1: Señalización.

Acción 2: Rotulación.

Acción 3: Bordillo.

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “el incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para la aplicación de pavimento rígido”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.

La principal recomendación es Ejecutar el proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que además en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se comprueba la hipótesis “el incremento de accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, es debido a la inexistencia de proyecto para aplicación de pavimento rígido” con el 100% de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como para la variable causa.

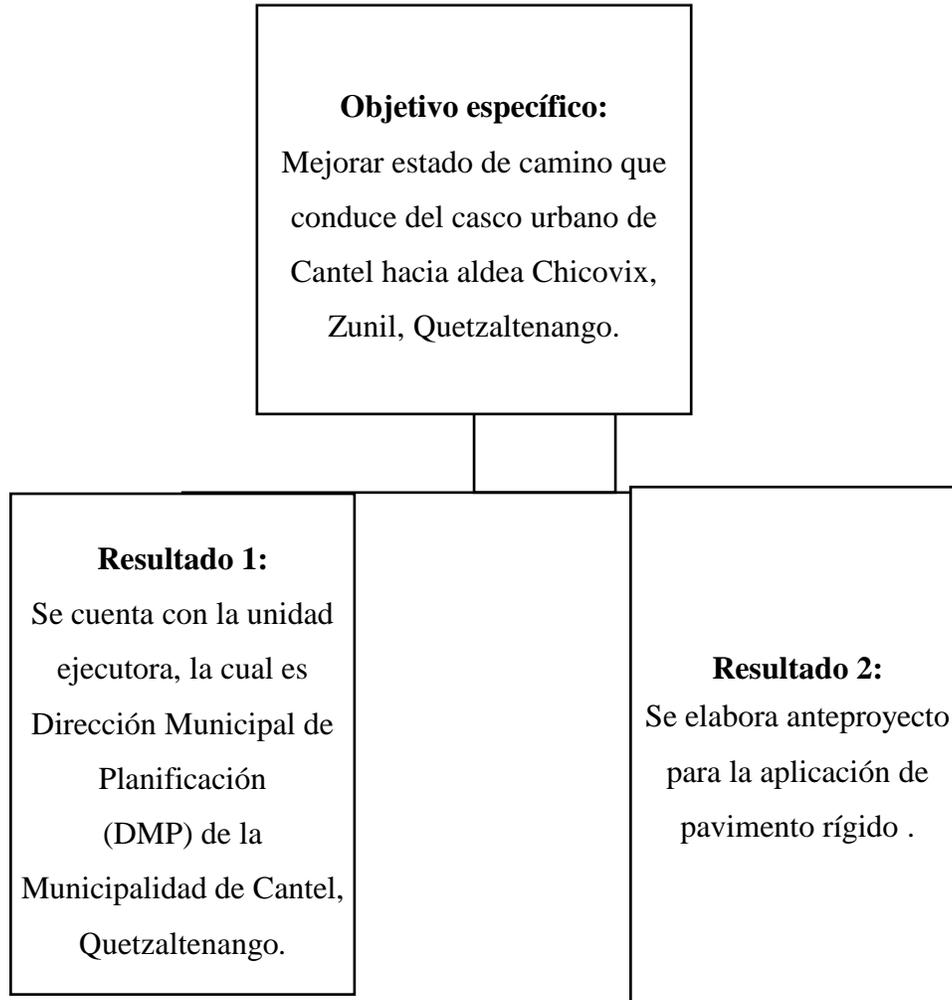
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución del proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix.

ANEXOS.

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La Unidad Ejecutora (Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango) es la encargada de elaboración de anteproyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango 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: Unidad Ejecutora (Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango)

Actividad 1: Espacio físico.

Es necesario contar con una oficina de 16 metros cuadrados la cual estará ubicada dentro de la Municipalidad, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

Actividad 2: Material y equipo.

3 escritorios tradicionales para oficina color negro de 1.2metros.

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

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

3 computadoras de escritorio HP All-in-one 20-C205LA (X6A18AA) con las características siguientes: memoria RAM 32GB, disco duro de 1TB de estado sólido, Windows 10, office 2020 y Autocad (civilcad).

1 estantería metálica de 2X1.5 metros con 30cm de ancho y 6 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.

Un calculista dibujante.

Actividad 4: Recursos Financieros.

La Municipalidad de Cantel, Quetzaltenango, proporcionará los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

Resultado 2: Se elabora anteproyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Actividad 1. Permisos legales:

Acción 1: Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

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.

Solicitar una reunión con directivos del COCODE del casco urbano Cantel, Quetzaltenango para notificarles sobre la elaboración del proyecto.

Acción 4: Licencia de la Dirección General de Caminos.

Acudir a la oficina de la Dirección General de Caminos para solicitar el permiso correspondiente para la realización del proyecto.

Actividad 2: Estudios técnicos.

Acción 1: Suelos.

Se tomará una muestra de suelo de 75 libras, se deberá hacer una calicata de 1.50 mts. De profundidad, del nivel de la subrasante. Se obtendrán las muestras a cada 500 mts de distancia una de la otra, para poder realizar los ensayos de (Proctor) y de (CBR) para determinar el contenido de humedad óptimo para poder alcanzar la máxima densidad del suelo.

Se obtendrá el ensayo de valor soporte del suelo para poder medir la resistencia al esfuerzo cortante del suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para Sub-rasante y base de pavimentos.

Acción 2: Hidrológico

Se deberá obtener resultados sobre la existencia de mantos freáticos en el área de estudio para poder determinar si es necesario la implementación de drenajes transversales.

Acción 3: Transito.

Se deberá contar con un aforista para poder establecer el número y peso de las cargas por eje. Este es derivado a las estimaciones de tránsito promedio diario (TPD) y de tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones. De esa manera se obtendrá el promedio diario anual al final como al inicio del periodo de diseño.

Acudir a la Dirección General de Caminos (DGC), por medio de su departamento de Estadísticas que es la encargada de hacer los recuentos de tránsito clasificado en las carreteras de todo el país.

Este estudio es importante para el diseño de espesor del pavimento.

Acción 4: Topografía.

Se verificará la longitud del proyecto, para determinar la posición relativa entre punto de inicio y final dentro de un plano horizontal, seguidamente se realizará un estudio planimétrico y altimétrico del lugar donde se realizará el proyecto utilizando equipo de alta precisión.

Se colocarán indicadores (fragmentos de madera) en todo el tramo a una distancia de 10 mts. Entre cada uno tanto en línea central como en las líneas paralelas a la central del camino.

Para el trazo de las curvas de horizontales y verticales se deberá contemplar el diseño de curvas y se deberán colocar los indicadores a 3 mts. de distancia entre cada punto para que el marcaje de la curva sea mejor definido.

Actividad 3: Preparación del terreno: Procedimiento.

Acción 1: Limpieza.

Se realizará un recorrido en la longitud del proyecto con el propósito de retirar escombros, vegetación para tener el terreno libre de cualquier obstáculo y apto para la elaboración del proyecto.

Acción 2: Nivelación.

En las áreas que necesite reacondicionamiento se procederá a cortar y nivelar el suelo de sub rasante entre 0.15m a 0.30m de profundidad, según sea necesario en cada estación, las rocas mayores a 0.10m deberán ser eliminadas, acondicionándolas fuera del área de trabajo, se ajustara y conformara la superficie del mismo, con cortes y rellenos promedio de 0.20m. Seguidamente se humedecerá de forma adecuada antes de la compactación, la compactación deberá ser en la totalidad del área de trabajo hasta lograr el 95% a su densidad máxima, según AASHTO T 191.

Actividad 4: Preliminares.

Acción 1: Aplicación de rasante

Se deberá implementar la mezcla de grava triturada con diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada en toda la distancia del proyecto, se deberá dejar el espesor de 0.15 metros para después humedecerla y compactar la sub base con la ayuda de un rodo compactador.

Acción 2: Aplicación de base.

El material de la base se deberá aplicar en una capa de 0.15m. compactado, al esparcirse deberá homogenizarse y conformar agregándole la cantidad requerida de agua para lograr la compactación, dicha compactación deberá realizarse en el 100% del área del proyecto.

Para la aplicación de esta base se deberá usar el porcentaje de contracción del 50% para calcular el volumen del material (selecto) se multiplicará por el factor de 1.5.

Actividad 5: Aplicación del e Pavimento: Procedimiento.

Acción 1: Preparación de materiales.

Para la preparación de los materiales se deberán tomar las siguientes consideraciones:

Cemento: todo cemento a utilizarse deberá estar de acuerdo a la norma ASTM C-595.

Deberá ser entregado en obra y deberá permanecer sellado hasta el momento de uso, deberá ser preservado de cualquier humedad que pudiera fraguarlo parcialmente. Para el proyecto se deberá usar cemento portland de 4000 PSI.

Agregados: estos elementos deberán considerarse como separados del cemento. Estos deben estar de acuerdo con las especificaciones para agregados según la norma ASTM C-33

Agregado fino: deberá estar constituido por granos silíceos duros, de tamaño variable cuya granulometría será de tal manera que el total en peso retenido de los tamices número cuatro y número cien estará comprendido respectivamente entre el 0% y el 5%, entre el 90% y el 100% y proporcionada de tal manera que se obtengan los esfuerzos mínimos de compresión a los 28 días.

Agregado grueso: debe ser grava o piedrín triturado limpio, libre de tierra o arcilla, si excede el 1% del total del peso deberá realizarse el lavado que corresponda para tener material limpio y libre en su superficie, este material deberá provenir de rocas duras

y estables, que sean resistentes a la abrasión por impacto y al deterioro causado por cambios de temperatura o heladas.

Agua: se deberá verificar que el agua potable esté libre de sustancias químicas y dañinas. De preferencia sea agua potable proporcionada por la comunidad.

Formaleta: toda la formaleta a usar deberá ser metálica, debe ser recta de la medida de 6 mts. para evitar cualquier tipo de deformación.

Acción 2: Aplicación de pavimento.

Se deberá contar con la superficie del proyecto debidamente limpia y nivelada para poder trazar las curvas obtenidas del diseño, marcado con indicadores en las curvas horizontales y verticales.

Para la colocación de la formaleta deberá dividirse el camino en dos en el ancho total del camino así definido el espesor del pavimento que para este caso el espesor del pavimento deberá ser de 0.15m. dejando la pendiente del 2% para que el agua sea conducida hacia el bordillo para desembocar en el drenaje correspondiente.

Las costaneras que forman la formaleta deben estar alineadas y correctamente sujetadas libres de aceites, pintura, óxidos o sustancias perjudiciales para el concreto.

Se procederá seguidamente a la mezcla de los materiales para el la aplicación del pavimento en el proyecto y deberá tener la siguiente proporción 1:2:2, con resistencia de f'c de 210 (kg/cm²), para la aplicación de este pavimento se utilizará cemento con la siguiente característica: 4020PSI UGC. El pedrín (agregado grueso) libre de materia orgánica y la arena deberá estar previamente humedecida. Se deberán mezclar los materiales con la ayuda de una mezcladora, toda la mezcla y aplicación será en el sitio del proyecto.

Se aplicará un aditivo (anti sol) para que el fraguado sea el adecuado en el pavimento para que pueda alcanzar la mezcla de concreto su máxima resistencia.

Si situaran juntas de construcción del pavimento cada 3 metros con 2.5 mm de espesor y 7 cm. De profundidad, para poder mitigar las fisuras que sufre el pavimento por las cargas aplicadas.

Actividad 6: Complementarios.

Acción 1: Señalización.

Para la señalización se deberá subcontratar a una empresa para la imprimación de pintura termoplástica.

Se deberán colocar tachas reflectivas a una distancia de un metro en ambos sentidos para una mejor señalización en la obscuridad.

Se deberá dejar indicado los pasos peatonales en diferentes tramos del camino.

Acción 2: Rotulación.

Se colocará señalización de referencias a curvas y límites de velocidad en cada tramo que sea requerido, deberá ser de un material de metal con pintura reflectiva para que pueda ser visualizada en todo momento.

Se deberá colocar una valla al iniciar el camino y finalizar detallando la cantidad de metros de construcción, el costo total de la obra y el tiempo de ejecución.

Acción 3: Bordillo

Se deberá construir una estructura de concreto de cemento hidráulico para limitar el área de trabajo para la protección del pavimento y para que trabaje como tope de la carpeta de rodadura, así como conducción de escorrentía superficial de agua pluvial.

Estos tendrán una resistencia mínima de 2,500 PSI (libras por pulgada cuadrada), con proporción de 1:2:2.5 (cemento, arena de río y pedrín), este concreto con la mezcla de los agregados debe tener la resistencia de $f'c = 195 \text{ kg/cm}^2$, con agregados ubicados en la obra, esta resistencia tiene alto grado de confiabilidad, ya que se considera que el concreto es adecuado para estructuras de cuneta o bordillo cuando $f'c \geq 140 \text{ kg/cm}^2$ el cumplimiento de requisito para $f'c$ está basado y podrá ser comparado con los resultados de probeta de concreto preparada y ensayada de acuerdo a las normas ASTM C-143, ASTM C-172, ASTM C-31, ASTM C-39.

Esta mezcla de concreto puede variar en sus proporciones en relación de agua/cemento ya que en campo la humedad de los agregados finos y gruesos pueden variar, por lo que esta relación podrá ser seleccionada por medio de la experiencia de obra y/o manejo de mezclas de los bordillos se recomienda la relación de 0.42 a 0.43 ya que la relación agua/cemento menor a 0.40 resulta demasiado dura e intrabajable, mientras que la relación mayor a los 0.45 debe entenderse que es para los casos de fabricación de concreto con dosificaciones de peso.

Las costaneras que forman la formaleta deben estar alineadas y correctamente sujetadas libres de aceites, pintura, óxidos o sustancias perjudiciales para el concreto.

Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del Plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Objetivo general. Disminuir accidentes viales y peatonales en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los accidentes viales y peatonales en el área de estudio, y a la vez se soluciona la problemática en 85%.</p>	<p>Reportes de la unidad ejecutora; de la Dirección municipal de la Policía Nacional Civil; reportes de los cuerpos de socorro locales; entrevistas a transeúntes.</p>	<p>La unidad ejecutora, se enlaza con los cuerpos de socorro locales para adoptar la campaña de prevención de accidentes en el área de estudio. Se realizan enlaces con la Policía Nacional Civil para resguardar el estado físico de las señales de tránsito para evitar accidentes.</p> <p>Cooperantes: Cuerpos de socorro locales, y, Policía Nacional Civil (PNC) delegación local.</p>
<p>Objetivo específico. Mejorar estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, se mejora el estado de camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango, y a la vez se soluciona la problemática en 95%.</p>	<p>Reportes de la unidad ejecutora; reportes de la Dirección Departamental de Caminos; entrevistas a transeúntes.</p>	<p>La unidad ejecutora, realiza convenios con la Dirección General de Caminos, del área en estudio para garantizar el buen estado permanente del tramo carretero trabajado.</p> <p>Cooperante: Dirección General de Caminos, del área en estudio.</p>
<p>Resultado 1: Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Cantel,</p>			

Quetzaltenango, como Unidad Ejecutora.			
Resultado 2: Se elabora anteproyecto de proyecto para aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.			

Fuente: Colop Calderón, C. Y. abril de 2022.

Anexo 3. Presupuesto

Presupuesto		
No. Resultado	Descripción	Costo unitario
1	Unidad ejecutora	Q30,000.00
2	Anteproyecto para la aplicación de pavimento rígido.	Q2,932,834.19
Total		Q2,962,834.19

Anexo 3.1. Presupuesto resultado 2 desglosado

REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U	COSTO REGLON
Limpieza y chapeo	m2	4375	Q 35.51	Q 155,350.00
Replanteo topografico	ml	875	Q 34.02	Q 29,763.50
Corte de cajuela	m3	1200	Q 162.15	Q 194,583.09
Tendido + compactación de base	m3	657	Q 317.01	Q 208,276.25
Pavimento de concreto de 3000 PSI e= 0.15m	m2	4375	Q 372.19	Q 1,628,351.73
Corte y sello de junta en pavimento y bordillos	ml	3500	Q 28.49	Q 99,726.25
Bordillos de 0.10 x 0.40m	ml	1750	Q 186.49	Q 326,358.50
Pintura y rotulación	ml	1750	Q 97.71	Q 170,987.38
Limpieza final del area trabajada	m2	4375	Q 27.30	Q 119,437.50
TOTAL DEL PROYECTO			Q	2,932,834.19

Anexo 4. Otros anexos

Anexo 4.1. Memoria de cálculo del proyecto

Diseño del pavimento.

Proyecto para la aplicación de pavimento rígido en camino que conduce del casco urbano de Cantel hacia aldea Chicovix, Zunil, Quetzaltenango.

Tipo de suelo A-5-7 limo arcilloso con poca arcilla y arenilla beige.

Ancho de calzada: 5 mts, de acuerdo a la tabla No. 5, por el ancho de calzada y tipo de tráfico, se clasifica como carretera tipo "E".

TPD: 100 a 500.

Valor promedio de K: utilizando la tabla No. 1 se establece un valor 6.

Condición de apoyo: Alto ubicando el resultado en la tabla No. 6.

Módulo de ruptura: 42 kg/cm²

Clasificación del tránsito: cumpliendo las características, utilizando la tabla No. 7 se clasifica como categoría de carga por eje No. 1.

Utilizando la tabla No. 8 que corresponde a la categoría de carga por eje No. 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasa juntas) se obtiene que el espesor de la losa será de 15 cm.

T=15cm.

Dado que para la realización de la memoria de cálculo actual se requieren las tablas basadas en distribución y tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles, y para esto se requieren datos obtenidos de los estudios de suelos, se adjuntan en el anexo 4.5, los análisis de suelos realizados para obtener la información inicial.

Anexo 4.2: Tablas auxiliares para elaboración del diseño del pavimento.

Tabla No. 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-1																
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 ³																
100 150 200 250 300 400 600 700																
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG ²																
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

Fuente:(Coronado Iturbide, 2002)

Tabla No. 2. Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos.

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	
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

Fuente: Dirección General de Caminos –DGC–

Tabla No. 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	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2004)

Tabla No. 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

Fuente: (Cárdenas Grisales, 2004)

Tabla No. 5. Características geométricas de las carreteras en estado final.

T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE	ANCHO DE			DERECHO DE	RADIO		PENDIENTE		DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
		DISEÑO (K.P.H.)	CALZADA (m)	CORTE (m)	RELLENO (m)	VIA (m)	MÍNIMO (m)	MÁXIMA (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)		
	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00								
3000	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	
	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00								
1500	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	
	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00								
900	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	
	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00								
500	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	
	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00								
100	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	
	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00								
10	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	

ESTRUCTURAS: CARGA H-15-S-12
 ALTURA LIBRE 4.75 m
 ANCHO RODADURA 7.90 m

ESFUERZOS UNITARIOS

CONCRETO CLASE "A"
 ACERO DE REFUERZO
 ACERO ESTRUCTURAL
 * DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=
 LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL

NOTAS:

- 1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
- 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
- 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
- 4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico (caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.

Fuente: Dirección General de Caminos –DGC–

Tabla No. 6. Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.

Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción k aproximados		
Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción k en kg/cm ³
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

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 7. Categorías de carga por eje.

CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE	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

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 8. TPPD permisible*, categoría de carga por eje No. 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasajuntas).

	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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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							

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga. Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0.3X7 días indica dos camiones pesados por semana). TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 9. TPPD permisible*, categoría de carga por eje No. 2, pavimentos con pasajuntas.

	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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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									

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga. TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos será mayor.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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									

* Rige el análisis de erosión de otra manera controla el análisis por fatiga.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 11. TPPD permisible*, categoría de carga por eje No. 3, pavimentos con pasajuntas

	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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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									

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el total de camiones permitidos puede ser mayor.

* El diseño lo rige el análisis por erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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			

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de vehículos podrá ser mayor.

* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 13. TPPD permisible*, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con pasajuntas.

	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 ² ≈ 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 ² ≈ 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 ² ≈ 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			

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número de camiones permitido podrá ser mayor.

* El diseño queda regido por el criterio de erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

Tabla No. 14. TPPD permisible*, categoría de carga por eje No. 4, pavimentos con trabazón de agregados.

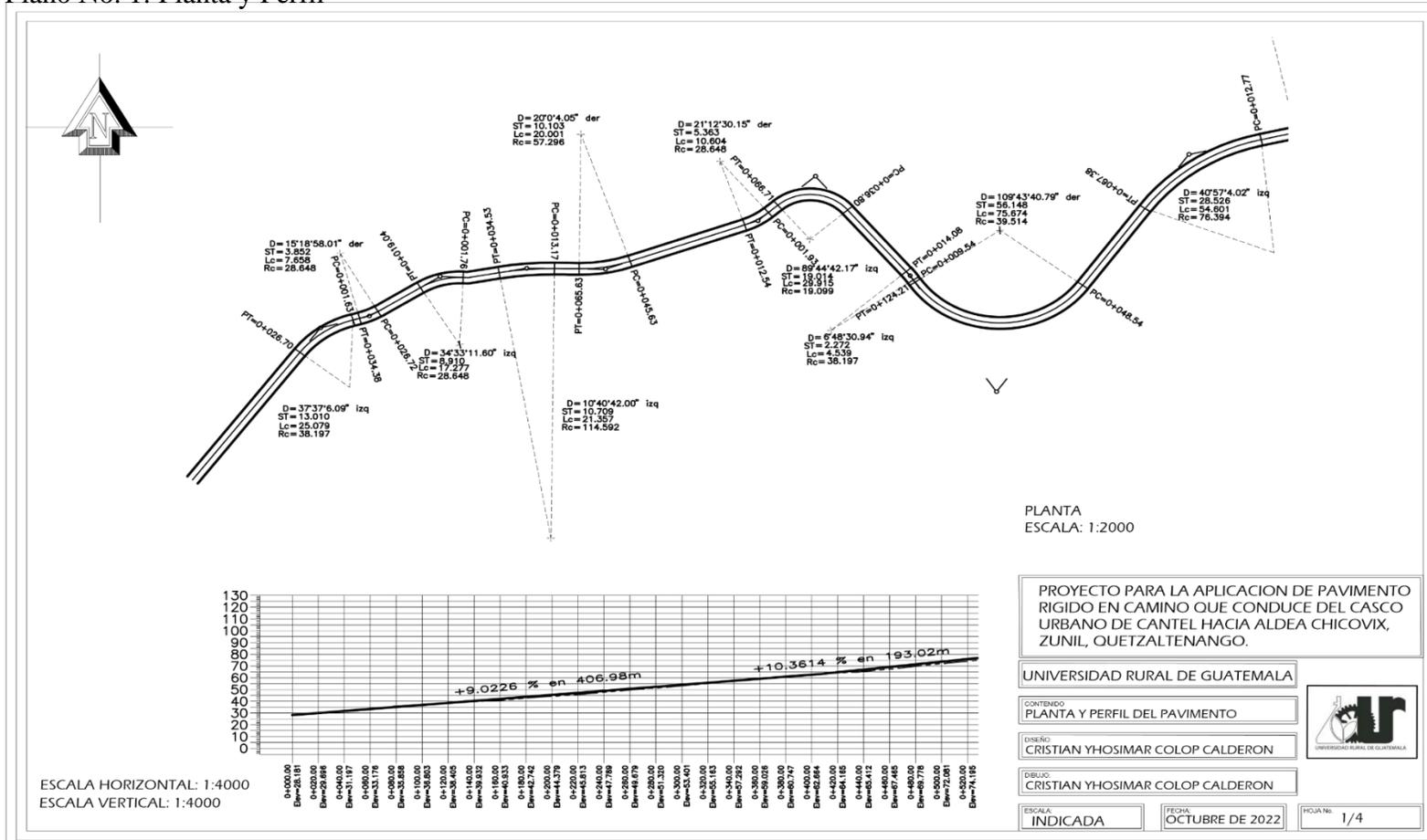
	Sin hombros de concreto o bordillo						Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base				Espesor de losa		Soporte Sub-rasante, Sub-base			
	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	cm.	plg.	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MR= 46 kg/cm ² ≈ 650 PSI	20.0	8.0				270*	18	7.0			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 ² ≈ 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 ² ≈ 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										

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de camiones podrá ser mayor. * El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: (Salazar Rodriguez, 1997)

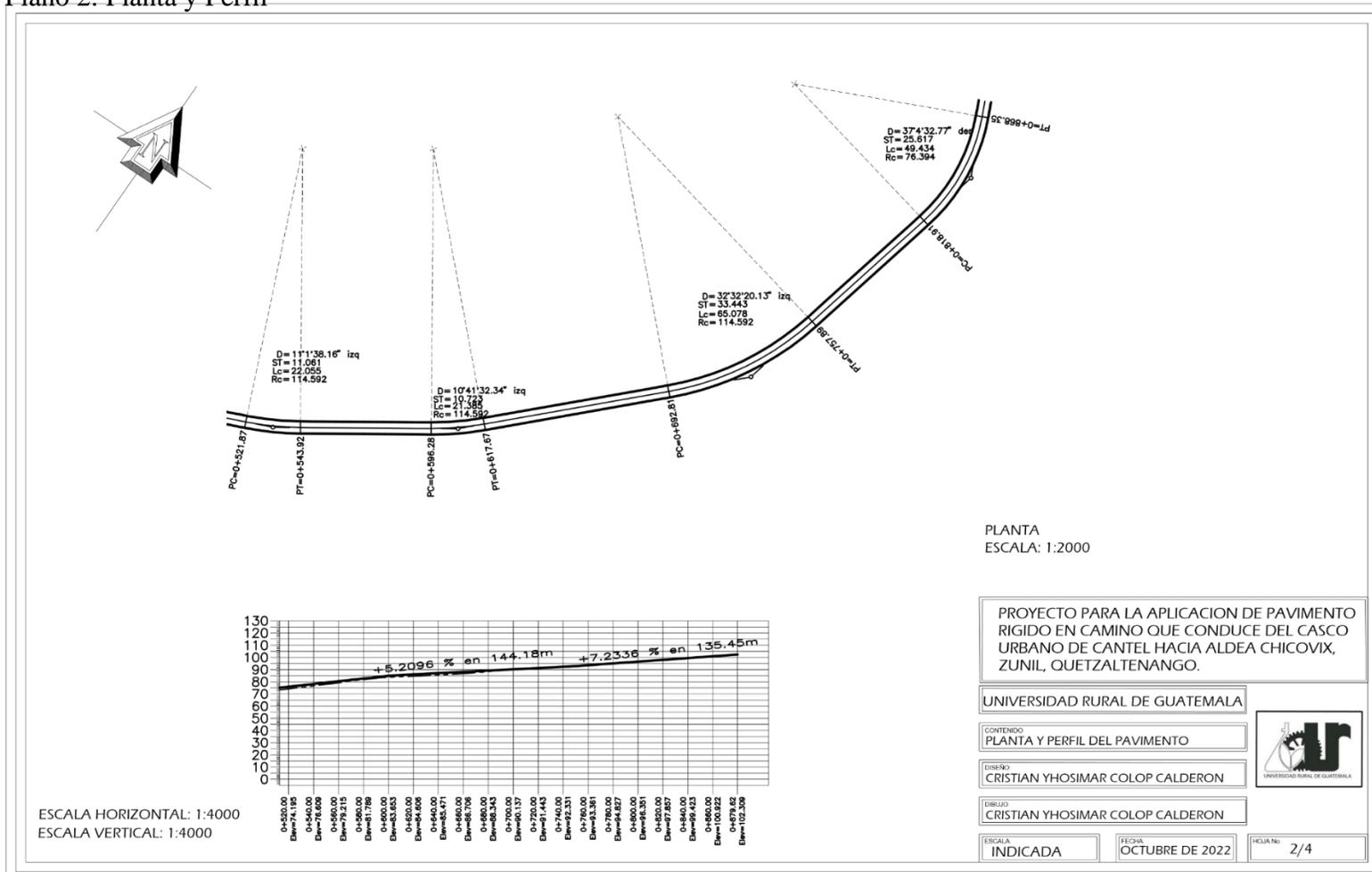
Anexo 4.3. Planos

Plano No. 1: Planta y Perfil



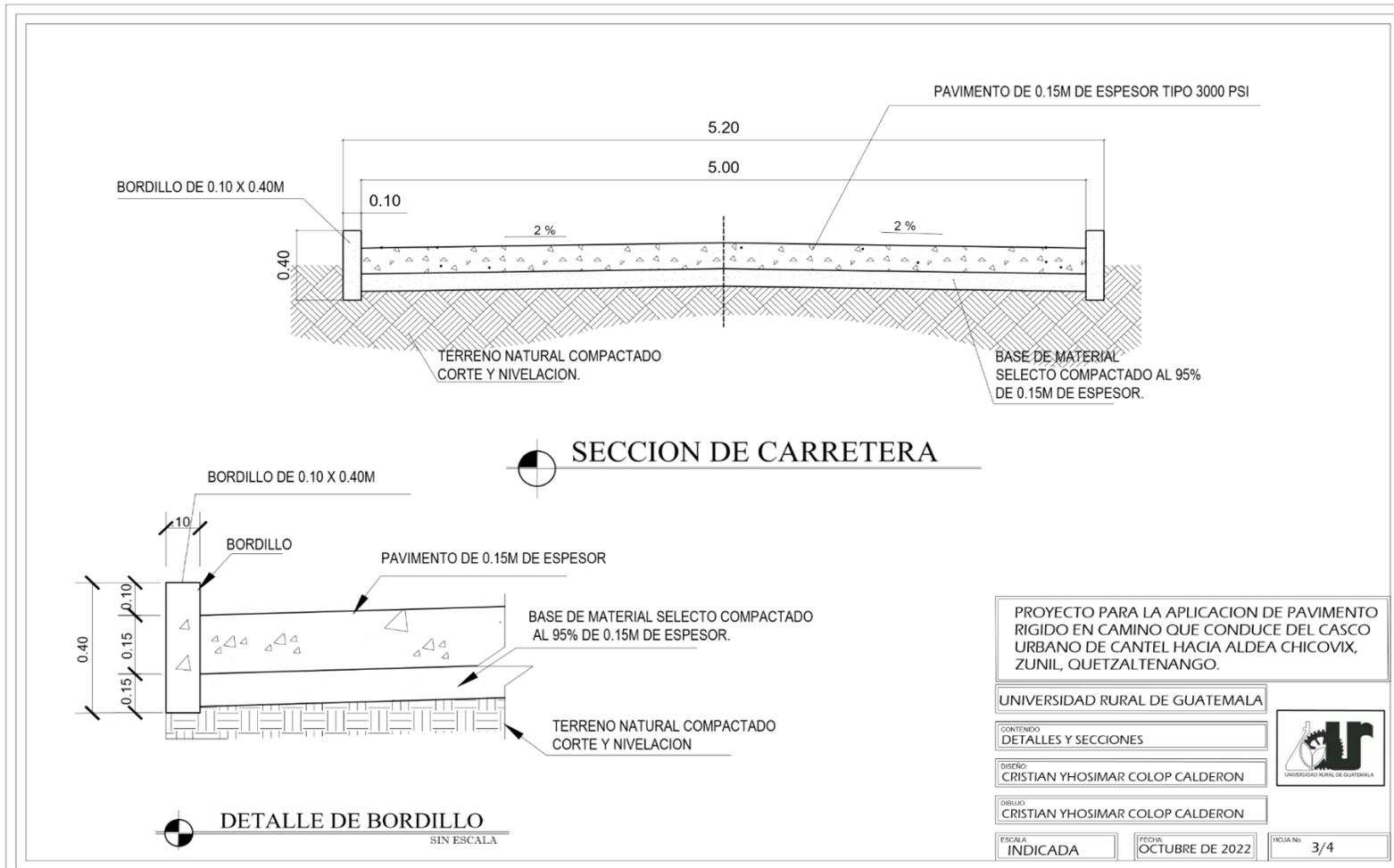
Fuente: Colop, C., abril de 2022.

Plano 2: Planta y Perfil



Fuente: Colop, C. abril de 2022.

Plano 3: Detalles y secciones



Fuente: Colop, C. abril de 2022.

Pano 4: Detalle de armado



Fuente: Colop, C. abril de 2022.

Anexo 4.4: cuadros de diseño

Cuadro 1: información matemática para realización de curvas horizontales.

CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	G _c
C1	37°4'32.77"	76.394	49.434	25.617	48.576	15°0'0"
C2	32°32'20.13"	114.592	65.078	33.443	64.207	10°0'0"
C3	10°41'32.34"	114.592	21.385	10.723	21.354	10°0'0"
C4	11°1'38.16"	114.592	22.055	11.061	22.021	10°0'0"
C5	40°57'4.02"	76.394	54.601	28.526	53.447	15°0'0"
C6	109°43'40.79"	39.514	75.674	56.148	64.629	29°0'0"
C7	06°48'30.94"	38.197	4.539	2.272	4.536	30°0'0"
C8	89°44'42.17"	19.099	29.915	19.014	26.949	60°0'1"
C9	21°12'30.15"	28.648	10.604	5.363	10.544	40°0'1"
C10	20°0'4.05"	57.296	20.001	10.103	19.900	20°0'0"
C11	10°40'42.00"	114.592	21.357	10.709	21.326	10°0'0"
C12	34°33'11.60"	28.648	17.277	8.910	17.016	40°0'1"
C13	15°18'58.01"	28.648	7.658	3.852	7.635	40°0'1"
C14	37°37'6.09"	38.197	25.079	13.010	24.631	30°0'0"

Fuente: CivilCad 2018.

Cuadro 2: información matemática para realización de curvas verticales.

No Curva	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	9.0226	10.3614	1.3388	30	Cóncava	4	40.164	3.05043038	57.5684	5.3552	10	0.016735
2	10.3614	5.2096	5.1518	30	Convexa	2	154.554	11.7382785	221.5274	10.3036	20	0.128795
3	5.2096	7.2336	2.024	30	Cóncava	4	60.72	4.61164557	87.032	8.096	15	0.03795

Fuente: CivilCad 2018.

Anexo 4.5

Estudio de suelos.



ENSAYO DE C.B.R.							
PROYECTO: PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO EN CAMINO QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO				DIRIGIDO A: CRISTIAN YHOSIMAR COLOP CALDERON			
A UTILIZARSE EN: CAPA DE SUBRASANTE				FECHA DEL INFORME: viernes, 12 de agosto de 2022			
CLASE DE MATERIAL: LIMO ARCILLOSO CON POCA ARCILLA Y ARENILLA BEIGE				REFERENCIA: AASHTO T-193 ASTM D-1883			
CANTIDAD DE MATERIAL			% DE HUMEDAD		CANT. DE AGUA	PROCTOR	
FINO	GRUESO	TOTAL	ACTUAL	DEL ENSAYO	AGREGAR	% HUM. OPT.	P.U.S. MAX.
		12275.0	10.18	12.45	812 CC.	12.45	1675
COMPACTACIÓN DE C.B.R. A 65 GOLPES							
No. Cil.	P. B.	TARA	P. N.	CAP. DE CIL.	P.U.H.	P.U.S.	% DE COMP.
1	12197.0	8210.0	3987.0	2.121	1880	1672	99.8
FECHA DE INMERSION:		9/08/2022	LECT. DE INMERSION:		0.034	% DE HINCHAMIENTO:	
FECHA DE SALIDA:		12/08/2022	LECT. DE SALIDA:		0.045	0.23	
COMPACTACIÓN DE C.B.R. A 30 GOLPES							
No. Cil.	P. B.	TARA	P. N.	CAP. DE CIL.	P.U.H.	P.U.S.	% DE COMP.
2	12006.0	8205.0	3801.0	2.122	1791	1593	95.1
FECHA DE INMERSION:		9/08/2022	LECT. DE INMERSION:		0.034	% DE HINCHAMIENTO:	
FECHA DE SALIDA:		12/08/2022	LECT. DE SALIDA:		0.056	0.45	
COMPACTACIÓN DE C.B.R. A 10 GOLPES							
No. Cil.	P. B.	TARA	P. N.	CAP. DE CIL.	P.U.H.	P.U.S.	% DE COMP.
3	11765.0	8200.0	3565.0	2.109	1690	1503	89.7
FECHA DE INMERSION:		9/08/2022	LECT. DE INMERSION:		0.034	% DE HINCHAMIENTO:	
FECHA DE SALIDA:		12/08/2022	LECT. DE SALIDA:		0.064	0.59	
LECTURA DE PENETRACION							
No. Cil.	GOLPES	0.025	0.050	0.075	0.100	0.200	0.300
1	65	41	62	75	98	205	290
2	30	20	37	42	54	102	163
3	10	9	16	21	27	59	81

OBSERVACIONES:

Manuscrito
 Marcelo Armando Chojolan Zorin
 INGENIERO CIVIL
 con diploma en Construcción y Control de Calidad
 Colegiado No. 20625
 del ensayo
 en el Laboratorio de Suelos
 Chojolan Zorin



Marcelo Armando Chojolan Zorin
 INGENIERO CIVIL
 con diploma en Construcción y Control de Calidad
 Colegiado No. 20625



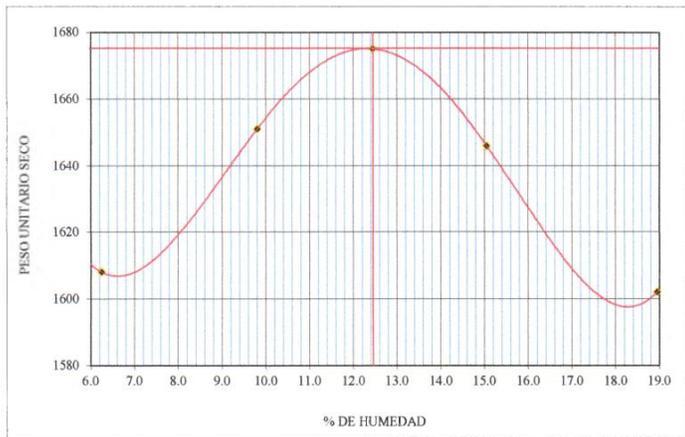
RESULTADOS DE LABORATORIO

PROCTOR

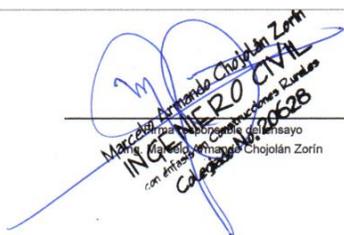
PROYECTO: PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO EN CAMINO QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO	DIRIGIDO A: CRISTIAN YHOSIMAR COLOP CALDERON
A UTILIZARSE EN: CAPA DE SUBRASANTE	FECHA DE INFORME: viernes, 12 de agosto de 2022
CLASE DE MATERIAL: LIMO ARCILLOSO CON POCÁ ARCILLA Y ARENILLA BEIGE	REFERENCIA: AASHTO T-180

P.B.	TARA	P.N.	VOL. CIL.	P.U.H.	PORCENTAJE DE HUMEDAD							P.U.S.	
					TARRO	P.B.H.	P.B.S.	TARA	DIF.	P.N.S.	% HUM.		
13519.0	9905.0	3614.0	2.116	1708							6.25	1608	
13742.0	9905.0	3837.0	2.116	1813							9.80	1651	
13890.0	9905.0	3985.0	2.116	1883	% DE HUMEDAD VIA SPEEDY							12.45	1675
13912.0	9905.0	4007.0	2.116	1894							15.05	1646	
13935.0	9905.0	4030.0	2.116	1905							18.95	1602	

RESULTADOS DEL ENSAYO		
P.U.S. MAX. :	1675	KG/MP
P.U.S. MAX. :	104.6	LB/P ²
% HUM. OPT. :	12.45	
TIPO DE PROCTOR :	T - 180	
No. DE CILINDRO :	1	



OBSERVACIONES : Humedad obtenida por medio de Speedy

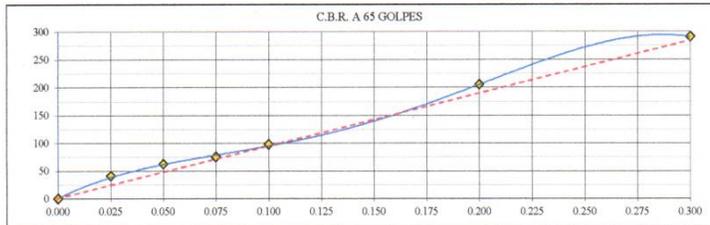

 Marcelo Armando Chojolan Zorin
INGENIERO CIVIL
 Colegiado No. 28428


 Marcelo Armando Chojolan Zorin
INGENIERO CIVIL
 con énfasis en Construcción de Obras
 Colegiado No. 28428

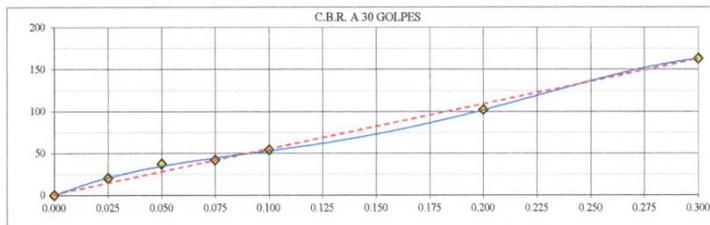


PLOTEO DE ENSAYO C.B.R.

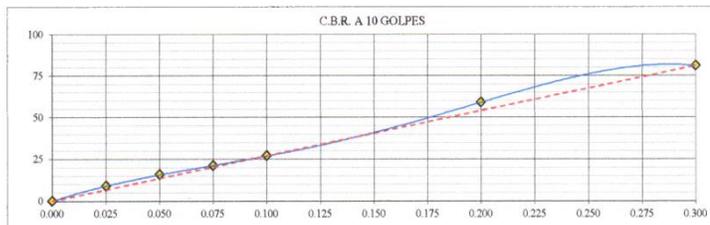
PROYECTO: PROYECTO PARA APLICACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO EN CAMINO QUE CONDUCE DEL CASCO URBANO DE CANTEL HACIA ALDEA CHICOVIX, ZUNIL, QUETZALTENANGO	DIRIGIDO A: CRISTIAN YHOSIMAR COLOP CALDERON
CLASE DE MATERIAL: LIMO ARCILLOSO CON POCA ARCILLA Y ARENILLA BEIGE	A UTILIZARSE EN: CAPA DE SUBRASANTE
	FECHA DEL INFORME: viernes, 12 de agosto de 2022
	REFERENCIA: AASHTO T-193 ASTM D-1883



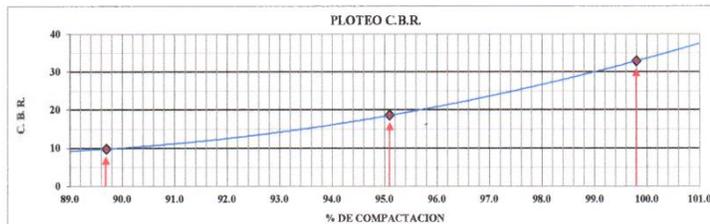
C.B.R. A 65 GOLPES	
CIL. No. :	1
% COMP. :	99.8
LECTURA :	98
C. B. R. :	32.9



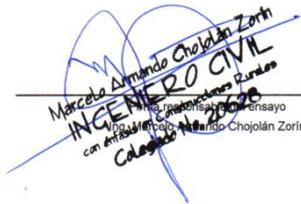
C.B.R. A 30 GOLPES	
CIL. No. :	2
% COMP. :	95.1
LECTURA :	54
C. B. R. :	18.6



C.B.R. A 10 GOLPES	
CIL. No. :	3
% COMP. :	89.7
LECTURA :	27
C. B. R. :	9.9



RESULTADOS DE ENSAYO	
C. B. R. A 95 % DE COMP. :	18.6
C. B. R. A 100 % DE COMP. :	32.9


INGENIERO CIVIL
 con artículo en Constituciones Recorrido
 Colegio No. 206278 S




 Marcela Armando Chojólan Zorín
INGENIERO CIVIL
 con artículo en Constituciones Recorrido
 Colegio No. 206278 S