

Marvin Orlando Coc Suruy.

PROYECTO PARA PAVIMENTACIÓN, MEDIANTE PAVIMENTO RÍGIDO,  
EN CAMINO QUE CONDUCE DE ALDEA ESTANCIA GRANDE, HACIA  
CASERÍO SAN FRANCISCO LAS LOMAS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ,  
GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre de 2021.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA PAVIMENTACIÓN, MEDIANTE PAVIMENTO RÍGIDO,  
EN CAMINO QUE CONDUCE DE ALDEA ESTANCIA GRANDE, HACIA  
CASERÍO SAN FRANCISCO LAS LOMAS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ,  
GUATEMALA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Marvin Orlando Coc Suruy

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 de 2021.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA PAVIMENTACIÓN, MEDIANTE PAVIMENTO RÍGIDO,  
EN CAMINO QUE CONDUCE DE ALDEA ESTANCIA GRANDE, HACIA  
CASERÍO SAN FRANCISCO LAS LOMAS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ,  
GUATEMALA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre de 2021.

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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala”.

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 personeros de talleres de servicio automotriz del caserío e integrantes de la Dirección Municipal de Planificación del municipio.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación:

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

El propósito fundamental de la presente investigación es mejorar la estructura vial para reducir el gasto en reparaciones vehiculares, 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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de deficiente infraestructura vial.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el aumento de los gastos por reparaciones de vehículos por mal estado del camino como consecuencia principal de faltar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a las autoridades municipales en función de la implementación de un proyecto de pavimentado con concreto en el camino de acceso a la comunidad San Francisco Las Lomas.

La actividad investigativa que se realizó, sirve como aporte para reducir el deterioro de vehículos y los altos gastos de mantenimiento. 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.....	48
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	75
IV.1	Conclusiones.....	75
IV.2	Recomendaciones .....	76
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

## **Índice de cuadros.**

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
Cuadro 1.	Categorías de tránsito para la selección de espesores .....	42
Cuadro 2.	Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.....	43
Cuadro 3.	Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura .....	44
Cuadro 4.	Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.....	65
Cuadro 5.	Tiempo de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío .....	66
Cuadro 6.	Promedio de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío durante el último año (en quetzales).....	67
Cuadro 7.	Frecuencia de reparaciones en vehículos del caserío .....	68
Cuadro 8.	Motivo del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío .....	69
Cuadro 9.	Existencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas .....	70
Cuadro 10.	Necesidad de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas .....	71
Cuadro 11.	Calidad de vida de los habitantes de caserío San Francisco Las Lomas, afectada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino de acceso .....	72
Cuadro 12.	Falta del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas como factor de deterioro de vehículos.....	73
Cuadro 13.	Circulación vehicular y peatonal en camino a caserío San Francisco Las Lomas perjudicada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.....	74

## Índice de gráficas.

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
Gráfica 1.	Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío .....	65
Gráfica 2.	Tiempo de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío .....	66
Gráfica 3.	Promedio de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío durante el último año (en quetzales) .....	67
Gráfica 4.	Frecuencia de reparaciones en vehículos del caserío .....	68
Gráfica 5.	Motivo del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío .....	69
Gráfica 6.	Existencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas .....	70
Gráfica 7.	Necesidad de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas .....	71
Gráfica 8.	Calidad de vida de los habitantes de caserío San Francisco Las Lomas, afectada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino de acceso .....	72
Gráfica 9.	Falta del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas como factor de deterioro de vehículos.....	73
Gráfica 10.	Circulación vehicular y peatonal en camino a caserío San Francisco Las Lomas perjudicada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.....	74

## Índice de ilustraciones.

<b>Número.</b>	<b>Contenido.</b>	<b>Página.</b>
Ilustración 1.	Camino rural de Serraduy a la Sierra de Sis .....	18
Ilustración 2.	Carretera en Niigata, Japón.....	21

## **I. INTRODUCCIÓN.**

El presente informe investigativo y titulado de Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, sobre mal estado del camino de acceso a la comunidad, 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 en este.

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 del gasto en reparaciones de vehículos de caserío San Francisco Las Lomas, por mal estado del camino que conduce hacia este, producto de faltar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha comprometido no solo la economía de los conductores regulares del camino sino su seguridad.

El aumento de gastos por reparaciones de vehículos, se refiere a que los vehículos en el caserío han sufrido un mayor deterioro en los últimos cinco años, por lo que los propietarios han debido acudir a los centros de servicio automotriz a repararlos con mayor frecuencia, por ende, lo gastos tanto para el mantenimiento preventivo como correctivo se han incrementado, lo que ha perjudicado la economía de los dueños de medios de transporte terrestre automotriz.

Este efecto se ha percibido por mal estado del camino que conduce de aldea Estancia Grande y sirve de acceso al caserío San Francisco Las Lomas, 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 manteamiento 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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino de acceso al caserío, con el que se mejore su infraestructura y se optimice el tránsito vehicular.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que los profesionales de la municipalidad cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con vías de acceso óptimas para el caserío.

## **I.2 Hipótesis.**

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en caserío San Francisco Las Lomas.

### **Hipótesis causal.**

“El aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”.

### **Hipótesis interrogativa.**

¿Será la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido la causante del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 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 gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

### **I.3.2 Específico.**

Mejorar estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

#### **I.4 Justificación.**

Actualmente, en el caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, el promedio de gastos anuales por reparaciones de vehículos es de Q.316,164.40, esto equivale a un gasto total de Q.1,580,822.00 en los últimos cinco años, esto repercute en el bienestar económico de los habitantes del caserío, puesto que los costos de mantenimiento aumentan los costos de transporte y dificulta el desarrollo de la comunidad.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los gastos en reparaciones de vehículos se incrementan en un 6.5% al año, esto por el mal estado del camino de acceso a la comunidad, a causa de faltar un proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.

Esta situación tenderá al aumento de los gastos en reparaciones vehiculares en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que los gastos serán de Q.463,260.30 solo en el año 2024.

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 mejore la circulación de vehículos y ofrezca mayor seguridad a los tripulantes, esto a su vez reduciría el desgaste anormal que sufren actualmente los vehículos y promovería el desarrollo social de las comunidades que cuentan 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 que conduce al caserío San Francisco Las Lomas, y así reducir el gasto por reparaciones de vehículos en un 90% en los siguientes años, lo que implica un total de Q.132,196.96 para el año 2024.

## **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 del camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Las técnicas utilizadas fueron:

- Observación directa. Esta se realizó directamente en el camino de la comunidad y en centros de servicio automotriz, lo que no solo permitió confirmar el estado precario de la vía, sino comprobar el alto costo que implica para los propietarios de vehículos el tránsito regular por esta misma; se investigó también sobre los principales problemas del camino de terracería, por último, las acciones implementadas por los profesionales municipales para darles solución.

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

- Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los elementos pertenecientes de los distintos talleres y profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de mal estado del camino que conduce al caserío 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 aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante 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:

- Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.
- Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar 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 15 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.**

#### **Gasto.**

“Un gasto es un egreso o salida de dinero que una persona o empresa debe pagar para acreditar su derecho sobre un artículo o a recibir un servicio. Sin embargo, hay bultos y diferencias entre el dinero que destina una persona (porque ella no lo recupera) del dinero que destina una empresa. Porque la empresa sí lo recupera al generar ingresos, por lo tanto «no lo gasta» sino que lo utiliza como parte de su inversión”. (Pedrosa, 2019).

“En contabilidad, se denomina gasto o egreso a la anotación o partida contable que disminuye el beneficio o aumenta la pérdida de una sociedad o persona física. Se diferencia del término costo porque precisa que hubo o habrá un desembolso financiero (movimiento de caja o bancos)”. (Pedrosa, 2019).

“El gasto es una salida de dinero que «no es recuperable», a diferencia del costo, que sí lo es, por cuanto la salida es con la intención de obtener una ganancia y esto lo hace una inversión que es recuperable: es una salida de dinero y además se obtiene una utilidad”. (Pedrosa, 2019)

“Podemos decir también que el gasto es la corriente de recursos o potenciales de servicios que se consumen en la obtención del producto neto de la entidad: sus ingresos”. (Pérez & Merino, 2013).

“El gasto se define como expiración de elementos del activo en la que se han incurrido voluntariamente para producir ingresos. También podemos definir el gasto como la inversión necesaria para administrar la empresa o negocio, ya que sin eso sería imposible que funcione cualquier ente económico; el gasto se recupera en la misma medida que el cálculo del precio de la venta del bien o servicio se tenga en cuenta”. (Pérez & Merino, 2013)

“Las pérdidas son expiraciones involuntarias de elementos del activo que no guardan relación con la producción de ingresos”. (Pérez & Merino, 2013).

**“Diferencia entre gasto y otros términos.** En multitud de ocasiones, se confunde con los términos pagos, compras o inversión, y de acuerdo con que el contexto lo hagamos (contable, fiscal, financiero, real...) puede tener un sentido diferente”. (Ucha, 2009).

“Lo que distingue fundamentalmente a un gasto de una pérdida es precisamente la contraprestación, ya que en el caso de las pérdidas no obtenemos nada a cambio de la salida de dinero, pero sí perdemos dinero o dejamos de recibirlo, mientras que con el gasto recibimos algo a cambio”. (Ucha, 2009).

“Así pues, a veces también se confunde el término pago. Un pago es el abono de una cantidad de dinero destinada a extinguir una obligación. Mientras que el gasto es voluntario, ya que podemos consumir o no, el pago es aquella cantidad de dinero que va a sufragar una obligación. Lea diferencia entre pago y gasto”. (Ucha, 2009)

“Además, el término inversión es la puesta en práctica de todos aquellos recursos con los que se espera la obtención de una rentabilidad, beneficios e ingresos, mientras que de un gasto sólo puede esperarse una contraprestación y el consumo de esta. En una compra, consideraremos gasto aquella parte de la compra (o mercancía) que va

destinada al consumo, mientras que el resto se considera un activo, es decir, inversión”. (Ucha, 2009).

“Como ejemplo, podemos decir que si adquirimos un coche, se compra un bien, y consideraremos gastos, además de todos aquellos costes de funcionamiento del coche, la parte que va depreciándose, también tendremos un bien, lo que sería una inversión y por último realizaremos un pago cuando hagamos efectiva la transacción de dinero para adquirir el vehículo”. (Ucha, 2009).

### **Gastos automotrices.**

Son todos los egresos que implica la tenencia de un vehículo automotriz, estos se señalan a continuación: “los gastos reales de automóvil incluyen gasolina, cambios de aceite, reparaciones, seguro, depreciación, impuestos sobre la propiedad personal (tarifas de placas), gastos de intereses, etc.” (IBOAI, 2018).

De acuerdo a la naturaleza del presente estudio, los gastos automotrices en reparaciones son los de mayor interés investigativo, por lo que se definen de mejor manera.

“Con el fin de llegar a un costo anual de la reparación de un vehículo, hay que tener en cuenta varios factores. Por ejemplo, la edad del vehículo y si es un coche nuevo recién comprado o de un vehículo usado que ha sobrevivido a su garantía puede determinar en gran medida lo que su desembolso anual en efectivo. Autos nacionales americanos y vehículos hechos en el extranjero pueden variar en los costos de reparación y mantenimiento anuales”. (Comisión Federal de Comercio, 2012).

“Mantenimiento, reparación de cobertura, garantías, nuevos, limitado de coches y la frecuencia de mantenimiento del coche pueden tener una incidencia en el costo de reparación anual. Por ejemplo, la nueva garantía del coche cubrirá los neumáticos y

los problemas del sistema eléctrico y mecánico, y por lo tanto limitar los costos de reparación para los propietarios. Sin embargo, con el tiempo, los automóviles propiedad de tres a cinco años puede ver a un mantenimiento anual promedio y el costo de reparación de \$600 por año”. (Comisión Federal de Comercio, 2012).

“Estos costos de reparación pueden incluir, calefacción, aire acondicionado, sistema o refrigeración del motor y problemas de transmisión. Algunas garantías de vehículos nuevos pueden cubrir estas reparaciones por 36 meses, pero con la mayoría de los coches nuevos que estás por tu cuenta en la cobertura de estos gastos de reparación”. (Coche Español, 2015).

“El índice de fiabilidad del vehículo que el Informe del Consumidor ofrece a los propietarios de automóviles pueden ayudar a determinar cuál es el coste medio de reparación para un vehículo. Consumer Reports basa su índice de fiabilidad en por lo menos cinco años de datos de reparación de costo, junto con una combinación de otras medidas, tales como la protección de choque, bolsas de aire y evitar accidentes”. (Comisión Federal de Comercio, 2012).

“Es importante examinar justo donde su vehículo cae en la lista de fiabilidad, porque el coste del coche de la marca no es necesariamente un factor determinante reparación. Lo cierto es que cuanto menor sea la calificación coche fiabilidad, mayor será el costo de las reparaciones anuales”. (Coche Español, 2015).

“La edad del coche tiene mucho que ver con el coste medio de la reparación del vehículo. Normalmente, después de tres a cinco años, las garantías de fábrica han expirado y el coste aumentarán a medida que el coche. Un coche que es de cinco años o un poco mayores y cuenta con más de 80.000 millas en él, puede costar alrededor de \$ 900 al año en reparaciones, según el sitio web Guía de seguridad del coche”. (Coche Español, 2015).

“Sin embargo, no puede haber una diferencia son los costos anuales de reparación entre las marcas y modelos. Por ejemplo, el mantenimiento del rango de edad de cinco años de Land Rover y el costo de reparación es de aproximadamente \$ 2,000, mientras que el Toyota Land Cruiser fue menor, a \$ 600 por año”. (Coche Español, 2015)

“El costo de las piezas del vehículo del coche puede determinar si o no va a gastar varios cientos de dólares al año para las reparaciones o un par de miles. Hay varios modelos japoneses y europeos de automóviles que cuestan más para reparaciones similares que se realizan en un coche americano nacional debido a los mayores costos de autopartes extranjeras. Por ejemplo, si se va a reemplazar las pastillas de freno, discos o piezas pequeñas de primera suspensión de un modelo interno como un Ford Taurus, el coste anual podría ser de tan sólo \$ 600, en vez de la posibilidad de \$ 2,000 para una edad similar Audi A4, según la Guía de seguridad del coche”. (Coche Español, 2015).

#### **Indicadores del aumento de gastos automotrices.**

- Situación económica del propietario del vehículo perjudicada.
- Aumento del presupuesto del propietario dedicado a servicios técnicos y comprar de repuestos del vehículo.
- Mayor tiempo de permanencia del vehículo en talleres de servicio técnico.
- Incremento de la afluencia del vehículo a talleres de servicio técnico.
- Descuido de asuntos personales y profesionales debido al alto presupuesto de servicios técnicos y repuestos del vehículo.

#### **Reparación de vehículos.**

“Con la evolución tanto de los sistemas de producción en cadena, como del avance de la sociedad, ligado a un mejor entendimiento en la conservación de vehículos, el mantenimiento se ha dividido en tres grandes grupos, diferenciándose lo que es

mantener para prevenir, reparar, y evitar que se vuelva a dañar. Así las 3 clases de mantenimiento automotriz establecidas son las siguientes:” (Montiel, 1987).

- “Mantenimiento preventivo: es el que se realiza en un número de horas u tiempo predeterminado, para prevenir cualquier daño en el motor o carrocería del automóvil.
- Mantenimiento predictivo: esta es la parte del mantenimiento que ayuda detectar el origen u causa de alguna falla en el motor.
- Mantenimiento correctivo: este tipo de mantenimiento ayuda a reparar o solucionar cualquier falla que se presente ya en el vehículo”.

“Los mantenimientos predictivo y correctivo están completamente relacionados y se los toma como uno solo en la mayoría de casos. Cada clase de mantenimiento es el encargado de enumerar y estudiar al igual que el de ejecutar las distintas técnicas y métodos de procedimientos para poder restaurar el óptimo funcionamiento en un automóvil. Así también cada clase tendrá diferentes formas de aplicar las cuatro especialidades de mantenimiento antes indicadas”. (Montiel, 1987).

**“Mantenimiento preventivo.** Para el caso específico de los vehículos, el mantenimiento preventivo es el que evita la depreciación física (reducción del valor del bien) y mantiene el máximo valor del mercado sobre el automotor. Así también previene daños mayores por desgaste de piezas, reacondiciona el correcto funcionamiento del motor y protege la carrocería”. (Marrow, 2004).

“Como ejemplo al adquirir un automóvil nuevo se tiene por parte del concesionario ya un plan pre establecido de mantenimiento preventivo, el cual se lo indica al comprador que cada cierto kilometraje (distancia recorrida en kilómetros por el vehículo) debe efectuarse chequeos para evitar desgastes innecesarios. El

mantenimiento preventivo está enfocado a los siguientes sistemas del automóvil:” (Marrow, 2004).

- “Motor, desgaste y lubricación (motores de combustión interna). Transmisión automática y estándar. Diferenciales. Frenos.
- Dirección y suspensión. Chasis o carrocería. Sistema eléctrico. Dispositivos de emisiones contaminantes. Embrague”.

“Cada uno de estos sistemas se les debe de proporcionar un mantenimiento, el cual es específico a cada modelo o marca del vehículo, así como de nuevas tecnologías aplicadas al mismo”. (Marrow, 2004).

**“Mantenimiento correctivo.** Es el que se realiza cuando ya se produjo el desgaste completo o rotura dentro de un equipo lo que produce que la maquinaria afectada deje de funcionar, inutilizándola. Esta etapa del mantenimiento va precedida del mantenimiento preventivo. Este mantenimiento correctivo agrupa las acciones a realizar en el motor y carrocería de un vehículo ante un funcionamiento incorrecto, deficiente o incompleto, o ya directamente porque ha dejado de funcionar, y que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo”. (Brand, 2009).

“Las acciones que se realizan en el mantenimiento correctivo no implican cambios funcionales, sino que corrigen los defectos técnicos en el funcionamiento. Así también el mantenimiento correctivo incluye el mantenimiento predictivo, el cual, dado principalmente por las especificaciones del fabricante, seguido de la experiencia del técnico en el funcionamiento del vehículo, se estima qué piezas o componentes, no especificados en el mantenimiento preventivo, sufren mayores desgastes que pueden ocasionar daños y roturas en el motor o carrocería del vehículo”. (Brand, 2009).

“La corrección de los defectos funcionales y técnicos del motor y carrocería cubiertos por el servicio de mantenimiento correctivo son: análisis del error / problema o daño. Recogida, catalogación y asignación de solicitudes y funciones. Análisis de la solución”. (Brand, 2009)

“Desarrollo las reparaciones los sistemas, incluyéndose pruebas unitarias. Pruebas y control de calidad documentadas. Mantenimiento de las documentaciones técnicas y funcionales del sistema revisado y reparado”. (Brand, 2009).

“**Proceso.** El proceso de reparación de vehículos es muy similar entre unos talleres mecánicos y otros. Las principales diferencias se encuentran en las distintas formas de gestión. La actitud y enfoque, el trato con los empleados y los clientes, marca cómo lograr el éxito. En el proceso de reparaciones de vehículos la mayoría de los talleres mecánicos comparten unos pasos esenciales que recogemos a continuación”. (Iberisa, 2018).

**1. “Registro:** normalmente, los vehículos llegan al taller de 3 formas. El cliente se pasa sin avisar, el vehículo es remolcado o se ha concertado una cita. Cuando el vehículo se registra, un mecánico se encarga de la reparación de ese vehículo”. (Iberisa, 2018).

**2. “Inspección:** una vez registrado, es fundamental inspeccionar correctamente el vehículo. Conocer las averías que tiene el vehículo y otros datos de interés, hace que se pueda comunicar mejor al cliente qué es lo que le sucede a su vehículo”. (Iberisa, 2018).

**3. “Estimación:** del presupuesto. Este punto es el más importante del proceso. Un presupuesto bien estimado ahorra tiempo y preparará al cliente. Cuanto más

minucioso sea y más anotaciones tenga, evitará problemas imprevistos que puedan surgir”. (Iberisa, 2018).

**4. “Autorización del cliente:** sin una autorización no se puede trabajar en vehículo de un cliente”. (Iberisa, 2018).

**5. “Comienzo de la reparación:** una vez se dispone de la autorización, el mecánico puede empezar a trabajar tal y como se ha comentado en la estimación. Normalmente no hay muchos cambios respecto a la estimación, aunque pueden aparecer imprevistos. Si hay algo que exceda de la estimación inicial hay que comunicárselo al cliente para evitar malentendidos”. (Iberisa, 2018).

**6. “Finalización de la reparación:** una vez finalizada la reparación del vehículo, hay que revisar que todo está correcto. El vehículo debe salir tal y como ha entrado en el taller como mínimo, para evitar entregárselo al cliente con manchas de grasa, residuos, interiores sucios, etc. Los vehículos siempre deben devolverse de la manera más limpia posible”. (Iberisa, 2018).

**7. “Seguimiento:** después de reparaciones importantes siempre es bueno hacer un seguimiento personal de los clientes. Esto demuestra al cliente que nos importa y que estamos ahí si hay algún problema. Por lo general, es una buena práctica hacer un seguimiento de cada cliente y tratar de obtener comentarios de su experiencia para analizar en qué se puede mejorar”. (Iberisa, 2018).

### **Caminos.**

“Un camino, en sentido lato, designa toda vía de comunicación entre dos puntos; en su sentido restringido y más usado, se aplica a las vías terrestres de comunicación. Los caminos son bienes de dominio público de la nación, provincia o municipio, y de

aprovechamiento común. Naturaleza que, así como la cualidad de ser imprescritibles, se les reconoce desde antiguo”. (Espasa, 1940).

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

- “Construirlos y repararlos.
- Conservar su propiedad.
- Regular el aprovechamiento común”.

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



Fuente: (Guerola, 1998).

“Es de creer que desde el momento en que los pueblos fueron relacionándose entre sí fueron estableciéndose rutas para facilitar la comunicación, y que se establecerían reglas de policía para su conservación y aseo. Se dice que los persas tuvieron tres caminos principales muy buenos. Según Diodoro de Sicilia, Semíramis estableció por todos sus estados una especie de caminos o vías militares para cuya construcción hizo rebajar colinas, rellenar valles y fosos y formar diques y calzadas elevadas. Justino asegura asimismo que Jerjes empleó sumas considerables para la construcción de caminos públicos”. (Espasa, 1940).

**“Caminos rurales.** Los caminos rurales unen las aldeas y las poblaciones más pequeñas de mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración. Normalmente, no son pavimentados, o tienen una capa delgada de asfalto; son más angostas y las curvas son más cerradas y las cuestas 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. Las carreteras que cruzan las regiones rurales, sean pavimentadas o no, se tratan en el artículo carretera”. (Banco Mundial, 2014).

**“Ubicación del camino:** La ubicación del camino constituye la decisión más crítica en cuanto a su construcción. Esta determinará, el tipo y la magnitud de los impactos ambientales y sociales que causarán. Los caminos rurales que más afectan el entorno son los que:” (Banco Mundial, 2014).

- “Atraviesan las tierras de los pueblos indígenas; o terrenos silvestres críticos;
- Alteran el equilibrio natural en zonas con potenciales peligros naturales; áreas que constituyen el hábitats de la fauna silvestre; y,
- Los que se adentran en áreas no idóneas para los cambios de uso del suelo”.

**“Impactos sociales positivos:** la construcción de un camino puede traer una multitud de beneficios para la gente local, como, por ejemplo:” (Banco Mundial, 2014).

- “Mayor acceso a los mercados;
- Más servicios asociados con el bienestar, tales como electricidad, agua potable, servicios de extensión, sistemas de crédito, servicios de salud y educación; estímulo a las agroindustrias;
- Aumenta el valor de los terrenos próximos a causa el uso más intensivo de la tierra;
- Mayores oportunidades de empleo.
- Cambios en los usos y métodos agrícolas que conllevan un 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:** los principales inconvenientes que suelen presentarse a causa de la construcción o modificación sustancial de la red de caminos rurales son:” (Banco Mundial, 2014).

- “A menudo, suben los arriendos o cambia la propiedad o los derechos de utilización de los recursos, de las clases pobres a las más ricas;
- Puede afectar negativamente a las minorías étnicas, que vivieron aisladas geográfica y políticamente del resto del país”.

### **Carretera.**

“Una carretera o ruta es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente 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. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte”. (Word FAQ, 2007).

“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”. (European Communities and Transportation, 2007).

“No obstante, 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

**“Características.** Según el interés que presenta y que está determinado generalmente por la intensidad del tráfico, una carretera puede ser de:” (Martínez Corrales, 2002).

- “Primer orden o de interés nacional”.
- “Segundo orden o de interés regional”.
- “Tercer orden o de interés provincial”.

“Cuanto más importante es su categoría, mayores suelen ser también las comodidades que presentan para el tránsito:” (Martínez Corrales, 2002).

- “Calzada más ancha”.
- “Rampas menos grandes”.
- “Curvas menos numerosas y más anchas y abiertas”.
- “Pavimento esmerado”.
- “Semáforos y otras señales más completas y eficaces”.

“Las mejores carreteras y las más rápidas y seguras son las autopistas”. (Martínez Corrales, 2002).

**“Partes de una carretera.** Las carreteras, según su complejidad constan de las siguientes partes:” (Laurenec, 1960).

- “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”.
- “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”.
- “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”.

- “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”.
- “Ciclovía: Es un nombre genérico dado a las calles destinadas de forma exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas”.
- “Arcén, zona de dominio público, zona de servidumbre y zona de afección”.

**“Proyecto y construcción de carreteras.** La construcción de carreteras requiere la creación de una superficie continua, que atraviese obstáculos geográficos y tome una pendiente suficiente para permitir a los vehículos o a los peatones circular. y cuando la ley lo establezca deben cumplir una serie de normativas y leyes o guías oficiales que no son de obligado cumplimiento”. (Bridle & Porter, 2002).

“El proceso comienza a veces 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”. (Bridle & Porter, 2002).

**“Aspectos medioambientales:** también se tendrán en cuenta aspectos medioambientales como son:” (Lendering, 2008).

- “La natural ejercida a poblaciones silvestres de animales que pueden dejar de estar en contacto”.
- “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 transportes las aguas de la mayor de las tormentas posibles en el período de durabilidad de la vía, por ejemplo 100 años”.

- “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 hidroplaneo”.

**“Operaciones previas y construcción:** las antiguas superficies de carreteras, las vallas, y edificios en la traza necesitan 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”. (Benítez, 1999).

“Los árboles se deberían dejar para retener el agua o ser desplazados 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 operación de retirada de tierra vegetal se le denomina desbroce. Lo interesante será apartarlo y disponerlo posteriormente sobre los espaldones de los terraplenes para protegerlos de la erosión superficial”. (Benítez, 1999).

“El proceso más largo viene dado por los movimientos de tierras para construir 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 portante del terreno”. (Benítez, 1999).

“El conjunto se nivelará y se refinará para extender encima la capa de explanada mejorada y de firme. La construcción termina con la colocación de la señalización vertical y horizontal”. (Benítez, 1999).

**“Mantenimiento.** Al igual que cualquier estructura las carreteras requieren un constante mantenimiento. 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 con los experimentos realizados en la década de los 50, llamados AASHO Road Test, está empíricamente demostrado que el desgaste producido en el pavimento es proporcional al peso soportado por los ejes elevado a la cuarta potencia”. (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”. (Carciente, 1985).

### **Tipos de carreteras.**

“Muchos tipos de carretera existen alrededor del mundo, todo de los cuales son vías que pueden ser utilizados por tráfico motorizado. Las carreteras no siempre están disponibles para uso por el público general, aunque por lo general las carreteras están disponibles para ser de uso público, en algunos casos se puede cobrar peaje por su uso. En algunos lugares el término "carretera de alta velocidad" (highway), se reserva para caminos de capacidad alta, en Europa hay diferencia entre carreteras de alta velocidad y carreteras de dos vías”. (Dowler, 2017).

“Los términos empleados para referirse a las distintas carreteras pueden ser diferentes según el país en donde se utilicen. Por ejemplo en EE.UU. se utiliza la palabra autopista (freeway), mientras que en Reino Unido se utiliza la palabra motorway y en Alemania se usa la palabra autobahn aun así todos los términos son similares. Una carretera puede constar de uno o más calzadas” (Dowler, 2017).

**Carreteras privadas de uso general.** (Dowler, 2017)

- “Entradas de autos (hacia propiedades privadas)”.

**Carreteras de capacidad más baja.** (Dowler, 2017)

- “Callejón”.
- “Avenida”.
- “Calle secundaria”.
- “Bulevar”.
- “Calle lateral”.
- “Carretera colectora”.
- “Corte”.
- “Callejón sin salida”.
- “Carretera sin pavimentar”.
- “Carreteras colectoras laterales”.
- “Carril”.
- “Calle peatonal”.
- “Carretera”.
- “Ciclovía”.
- “Ruta”.
- “Carreteras de calzada única”.
- “Calle”.
- “Carril peatonal lateral”.

**Carreteras de capacidad más alta, a veces con medianas.** (Dowler, 2017).

- “Carretera 2+1”.
- “Carretera 2+2”.
- “Carretera arterial”.
- “Autostrasse”.
- “Dual carriageway”.
- “Expressway”.
- “Carretera troncal”.
- “Peaje”.

**“Carreteras de acceso limitado separadas por grados”.** (Dowler, 2017).

- “Autobahn”.
- “Coche-estrada”.
- “Autopista”.
- “Vía rápida”.
- “Autovía”.
- “Carretera de acceso controlado”.
- “Expressway, un término utilizado de forma diferente según el lugar”.
- “Autopista”.
- “Autovía de alta calidad (HQDC)”.
- “Carretera interestatal”.
- “Carretera de acceso limitado”.
- “Motorway”.
- “Supercarretera de dos carriles”.

**Mal estado de carreteras.**

Se refiere al descuido de las carreteras por parte de la administración pública o privada del área donde esta se encuentre, es inevitable que las carreteras sufran desgaste y deterioro debido al flujo del transporte que en estas se efectúa, por lo que el

mantenimiento preventivo y correctivo debe ser inherente a un proyecto de esta índole; cuando estos no se realizan es que en la obra empiezan a aparecer baches, grietas y otros problemas estructurales que perjudican su capacidad.

“Una carretera en mal estado dificulta el acceso al territorio, por lo tanto, a servicios básicos como sanidad o educación, y la cohesión regional. También acrecienta el consumo de combustible de los vehículos hasta un 34% y disminuye la vida útil de los vehículos hasta un -25%. Un firme en mal estado supone además un aumento de hasta un 34% de las emisiones de gases de efecto invernadero, con sus consecuentes problemas medioambientales y riesgos para la salud”. (Ecoasfalt, 2016).

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

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

“Una conducción irresponsable, con el actual mal estado de algunas carreteras, puede traer consigo dificultades en el vehículo y accidentes de tránsito como consecuencia, además, de un mayor consumo de combustible y aumento en la contaminación del medio ambiente”. (Ecoasfalt, 2016).

**“Elementos vehiculares más afectados por el mal estado de carreteras.** Los coches sufren directamente el impacto provocado por las anomalías sobre el pavimento ocasionándose grandes y costosas averías que obligan a visitar el taller antes de

tiempo. Se podrían evitar si las administraciones dedicasen más atención y recursos a la buena conservación de las vías. Estos son los elementos del vehículo que se ven afectados por las malas condiciones del asfalto de las carreteras”. (Parada, 2018).

**“Sistema de suspensión:** es uno de los elementos que más sufre al conducir por carreteras que muestran un pavimento mal asfaltado. Su objetivo es absorber las irregularidades que pueda tener el asfalto y asegurar que siempre los neumáticos estén en contacto con él lográndose una conducción más estable y segura. Sin embargo, si las carreteras no están en las condiciones óptimas los amortiguadores y los silentblocks del trapecio pueden sufrir una avería”. (Parada, 2018).

“Una estimación en cuanto al presupuesto para cambiar los amortiguadores asciende a 400 dólares y 150-190 dólares por reemplazar los silentblocks del trapacio de todos los ejes”. (Parada, 2018).

**“Dirección:** si las carreteras presentan un asfalto deficiente puede producirse una holgadura en la rótula de dirección que ocasionaría un cambio urgente cuyo coste rondaría los 179 dólares. Pero esta avería puede ocasionar varios problemas en cadena que afecten a la alineación de las ruedas que a su vez provoca un mayor desgaste de los neumáticos, lo que ocasionaría que se produzca un aumento del consumo de combustible y en consecuencia aumenta el riesgo de sufrir un accidente”. (Parada, 2018).

**“Neumáticos:** son el elemento que está siempre en contacto con el asfalto y por lo tanto sufre directamente las vibraciones y baches del pavimento en mal estado. Esto se traduce en un desgaste prematuro de los neumáticos lo que llega a ocasionar reventones y pinchazos, aunque también puede afectar al circuito eléctrico del vehículo”. (Parada, 2018).

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

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

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

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

#### **Indicadores del mal estado de carreteras.**

- Aparición de problemas estructurales en la carretera.
- Aumento de los accidentes y percances vehiculares.
- Disminución de la velocidad promedio del tránsito vehicular.
- Incremento en los gastos de mantenimiento para vehículos que transitan regularmente.
- Reducción del flujo de tránsito.
- Usuarios insatisfechos.

### **Pavimentación.**

“Proceso de cubrir el suelo con elementos de algún material para su mejor utilización por parte del hombre”. (Pacheco Mazariegos, 1995).

“Se 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, proporcionándose una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas”. (Pacheco Mazariegos, 1995).

“Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. 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, 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”. (Pacheco Mazariegos, 1995).

“La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos 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 de gran influencia el procedimiento constructivo; y son dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes”. (Pacheco Mazariegos, 1995).

“En ingeniería civil, el pavimento forma parte del firme y es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas. En la actualidad se encuentra en investigación pavimentos que ayudan al medio ambiente como el formado por noxer”. (RAE, 2019).

“Una de las primeras formas de pavimentación fue la calzada romana, construida en varias capas. Esta gran obra de ingeniería logró que varios tramos hayan resistido durante siglos y se puedan encontrar inclusive hoy”. (RAE, 2019).

**“Materiales del pavimento.** Las mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más habituales para crear 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”. (Anon, 1991).

“El pavimento debe de ser sostenible y principalmente no contaminante del medio ambiente. Para ello, las empresas de la rama, buscan nuevas alternativas para que el acto de pavimentar sea lo más ecológico posible. Un ejemplo 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”. (Anon, 1991).

**“Características generales.** Debe poseer anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos. Debe constar además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en

condiciones húmedas. El pavimento deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua”. (Federal Highway Administration, 2008).

“Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. 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 más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos”. (Federal Highway Administration, 2008).

**“División de capas.** En un pavimento, la división en capas se hace obedeciéndose 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”. (Ministerio de Fomento de España, 2012).

“La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; que son dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes”. (Ministerio de Fomento de España, 2012).

**“Firme.** Superficie de la carretera o pavimento es 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 una puesta más económica, lo que deja a los adoquines para lugares históricos”. (Escobar, 2011).

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

- “Ser impermeables al agua, para evitar que la lluvia dañe la base del firme”.
- “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”.
- “Resistir las cargas que se ve sometido por el tráfico”.

“Esto plantea un grave problema ambiental que plantean los firmes en las ciudades, es su impermeabilidad, que aumenta el peligro de inundación. 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”. (Escobar, 2011).

### **Tipos de pavimentos.**

“Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles”. (Montejo Fonseca, 2002).

“El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas”. (Montejo Fonseca, 2002).

El pavimento semirrígido está conformado con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la

estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal.

“El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base”. (Montejo Fonseca, 2002).

**“Terracería.** Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento”. (Montejo Fonseca, 2002).

“Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5,000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm”. (Montejo Fonseca, 2002).

### **Pavimento rígido.**

“Es el que se ejecuta al tener 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 emplee”. (Carrazana Gómez & Rubio Casanovas, 1997).

**“Formas de trabajo.** La diferencia fundamental entre pavimentos rígidos y flexibles, viene dada 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, y, por tanto, también varían las técnicas constructivas según el caso, encontrándose:” (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

- “Base estabilizada con cemento (suelo-cemento)”.
- “Base de hormigón pobre”.
- “Base de hormigón simple normal”.
- “Base de hormigón armado”.
- “Base de hormigón postensado”.

“Los dos primeros son los más usados en los últimos tiempos, debido a lo más económico de los mismos por el incremento de la velocidad de ejecución y una mayor garantía en la calidad de los resultados”. (Ingenieros Consultores de Centro América, 2001).

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

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

### **Partes del pavimento rígido.**

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

- “Proveer un valor soporte elevado, para que resista muy bien las capas concentradas que provienen de ruedas pesadas, trabajándose a flexión y lo distribuye bien al material que existe debajo”.
- “Textura superficial poco resbaladiza aun cuando se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite u otro material deslizante”.
- “Proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito”.
- “Prevenir a la superficie de la penetración del agua”.
- “Buena visibilidad, por su color claro dé mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos”.
- “Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo”.

“**Base:** es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para construir una base integrante de un pavimento. Se coloca debajo de las losas de concreto y arriba de la sub- rasante”. (Paz Stubbs, 2000).

“Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo- cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Las funciones de la base en los pavimentos de concreto en su orden de prioridad son:” (Paz Stubbs, 2000).

- “Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios”.
- “Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas”.
- “Aumentar la capacidad estructural del pavimento”.

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

- “Soportar”.
- “Transmitir”.
- “Distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la sub-rasante las soporte”.
- “Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la losa de concreto”.
- “Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub – rasante”.

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

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

“Después de verter el hormigón, se procede a emparejar la superficie usándose de ser posible, reglas vibratorias. Posteriormente, se logra el acabado de textura de la superficie mediante fratasadoras mecánicas o manuales”. (Quintana, 2013).

**“Consideraciones constructivas.** Después de seleccionar el tipo de pavimento de concreto, tipo de base o sub - base, si es necesaria, y tipo de hombros (con o sin hombros de concreto, mordientes y cunetas o mordientes integrados), el espesor de diseño es determinado en base a los siguientes factores de diseño:” (García López, 2004).

- “Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR)”.
- “Resistencia de la sub – rasante”.

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

- “Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos”.
- “Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas”.
- “Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas”.

- “Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto”.
- “Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura”.

“Para una vida útil favorable debe tomarse en cuenta los esfuerzos antes mencionados para su diseño. Es necesario que se tome en cuenta el volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible. El valor relativo de soporte y características de la sub - rasante. El clima de la región. La resistencia y calidad del concreto a emplear”. (García López, 2004).

“Para obtener un pavimento adecuado a su función y económico debe tomarse en cuenta los factores antes mencionados, si las losas fueran sobre diseñado no afectaría en su vida útil pero el costo sería muy elevado. Si al contrario las losas son muy delgadas para el peso que deben de soportar, llegan a tener fallas grandes y si se encuentran en una zona en la cual las lluvias son constantes sufren, de filtración, cambios en su sub- base o base y puede colapsar”. (García López, 2004).

“En la investigación de campo debe de tomarse en cuenta el tráfico promedio diario anual (T.P.D.A.), depende también de este dato para el diseño del pavimento, el tipo de vehículo que transitará para considerar el peso a soportar. Tomándose en cuenta el futuro, debido a que existen calles que no son muy transitadas, pero al mejorar el tránsito incrementa. Tomar en cuenta si circulará tráfico pesado, esto servirá para obtener el ancho de losa, bordillos”. (García López, 2004).

“El clima es importante, las fuertes lluvias pueden traer problemas para el pavimento, tomar en cuenta hacia donde debe drenarse el agua y evitar que ésta llegue a empozarse y evitar el congestionamiento o accidentes. (García López, 2004).

“Debe de estudiarse el lugar en donde se llevará acabo dicho proyecto, si cuenta con carreteras importantes aledañas, si son vías de acceso a calles o lugares importantes. Si es un lugar turístico o comercial, el crecimiento poblacional y cargas de ruedas sobre caminos de igual importancia existentes en otras zonas”. (García López, 2004).

“El análisis se completa reuniéndose información sobre la existencia de fábricas, minas, etc. En resumen, se debe obtener el volumen aproximado de vehículos que circularán y tomar en cuenta el incremento de estos para el periodo de vida útil del proyecto”. (García López, 2004).

### **Parámetros para pavimentar.**

“Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniéndose unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado”. (Moaveni, 2003).

“En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá”. (Moaveni, 2003).

**“El tránsito y el período de diseño.** Las categorías de tránsito que se deben tener en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en el cuadro 1, estas se obtuvieron a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje de países europeos, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO”. (Woom, 2008).

“El Tipo de vía, se refiere a la clasificación de ella según su importancia, como se menciona en los anexos”. (Woom, 2008).

“El “TPDs” es el promedio diario, obtenido de un conteo de una semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía”. (Woom, 2008).

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

“Se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección”. (Woom, 2008).

**Cuadro 1. Categorías de tránsito para la selección de espesores.**

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

Fuente: Woom, 2008.

Donde:

Vt: vía terciaria.

Vs: vía secundaria.

Vp: vía principal.

E: estrechas.

M: medias.

A: anchas.

CC: carreteras de dos direcciones.

MC: carreteras multicarriles.

AP: autopistas.

**“Subrasante.** Para subrasantes con CBR (Relación de Soporte de California) menores que 2, en la mayoría de los casos y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales, como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos o con la adición de productos como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas”. (Aristizabal, 2000).

**Cuadro 2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.**

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

Fuente: Aristizabal, 2000.

**“Material de soporte para el pavimento.** Existen tres tipos de soporte para el pavimento, el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevándose el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante”. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

**“Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral.** Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes. Se presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas”. (Madenci & Ibrahim, 2006).

“Hay que tener en cuenta que para algunas condiciones de mala calidad en el soporte o tránsitos altos no se consideran ciertos tipos de pavimentos, como por ejemplo pavimentos sin bermas y sin dovelas. En estos parámetros no se contempla el uso de acero para reforzar las losas, solo se tendrá acero en las dovelas y en las barras de anclaje. El acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con diámetros de más de 15 mm y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores a los 15 mm”. (Madenci & Ibrahim, 2006).

“**Características del concreto para pavimentos.** Para los diseños de los pavimentos se deben considerar cuatro calidades de concreto, las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto”. (Nam, Kim, Choi, & Won, 2007).

**Cuadro 3. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).**

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

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

“**Juntas y tamaños de losas.** Las juntas juegan un papel muy importante en el diseño de los pavimentos, tienen por objeto principal, la construcción del pavimento por losas separadas para evitar apareamiento de grietas de construcción en cualquier parte de la losa y la unión adecuada entre ellas, para asegurar la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento; cuando así se especifique, deben proveer además una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas”. (Siebold, 2005).

“Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y debe protegerse contra la penetración en las mismas, de materiales extraños y perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas”. (Siebold, 2005).

“En pavimentos con juntas, los intervalos de juntas son diseñados a cada supuesta falla, en intervalos de 15 a 25 pies (4.57 metros a 7.62 metros), (en losas planas simples) o espaciadas a intervalos más grandes si existe la distribución adecuada de acero en cada panel (diseño de losas reforzadas), con el objeto de proporcionar un buen comportamiento en el intervalo de las fallas”. (Siebold, 2005).

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

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

**“Juntas transversales de contracción:** estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciada, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento. Para reducir la carga dinámica a través de la junta y eliminar cargas simultáneas de las llantas”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

“Para controlar las fallas, el intervalo apropiado entre juntas de contracción en pavimentos sencillos depende de las propiedades de contracción del concreto, de las características de fricción de la base o sub - rasante, del espesor de losa y de las propiedades del material sellador de juntas. Se recomienda un espaciamiento máximo de 20 pies (6.10 metros)”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

**“Juntas transversales de construcción:** las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o cuando hay falta de suministro de concreto”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

“Estas juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en la localización de una junta planificada previamente. Cuando la junta de construcción es colocada en una ubicación planificada o el pavimento no está adyacente a una losa de concreto existente, se requiere dovelas para proporcionar transferencia de carga. Estas juntas siempre están orientadas perpendiculares a la línea central, aún cuando las juntas de contracción estén esviadas”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

**“Juntas de expansión o aislamiento:** se colocan en localización que permite el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo. Las juntas de expansión o aislamiento, deben tener de 19 mm a 25 mm (3/4” a 1”) de ancho”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

“En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de juntas debe ocupar el vacío entre la sub – base o sub - rasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar aproximadamente 25.4 mm (1”) de bajo del nivel de la superficie y debe extenderse en la profundidad y ancho total de la losa”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

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

“Finalmente, puede mencionarse a las juntas longitudinales de contracción que dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo. También a las juntas longitudinales de construcción, que unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando estos fueron pavimentados en diferentes fechas”. (Dirección General de Caminos & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas, 2008).

### **Diseño de un pavimento.**

“El método a utilizar es el de la P.C.A. (Pórtland Cement Association), los métodos que se usarán en este diseño son cuando los datos de la distribución del eje de carga han sido estimados o determinados. Y cuenta con los siguientes factores de diseño:” (López López, 2009).

- “Tipo de juntas y hombros”.
- “Esfuerzo de flexión del concreto (MR) a los 28 días”.
- “Valor de k, que es la resistencia de la sub- rasante o de la combinación de la sub - rasante y sub- base”.

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

- “Método de capacidad. Es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas”. (López López, 2009).
- “Método simplificado. Éste es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carretera y tipos de calles (ver tabla VII). Las tablas de diseño están calculadas par una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía”. (López López, 2009).

“Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones”. (López López, 2009).

“Para determinar el espesor de la losa de concreto se hace necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub- rasante y la base, (ver tabla VIII), ya que mejoran la estructura de un pavimento. Una comparación importante de bases, de suelo – cemento en relación con las bases granulares, es que existe mayor grado de resistencia estructural en las primeras que en las segundas. El valor aproximado de k (módulo de reacción), se usa en bases granulares y bases de suelo – cemento, y se muestra en tablas IX y X”. (Crespo Villa, 1999).

“En el diseño de la P.C.A. se hace necesario conocer TPDC (tráfico promedio diario de camiones), el cual puede ser expresado como un porcentaje de TPD (tráfico promedio diario). El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, debido a que el crecimiento del mismo se ve afectado por factores como el tránsito desarrollado. Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6%, que corresponde a factores de proyección de tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8 (ver tabla XI)”. (Crespo Villa, 1999)”

“El uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no es aplicable, ya que sus calles soportan poco tránsito, generalmente, es originado en las mismas o es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo de 2 % por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3), las tablas están diseñadas para un período de 20 años”. (Crespo Villa, 1999).

“Para otros periodos de diseño, las estimaciones de tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado a fin de obtener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un período de diseño de 40 años en lugar de 20, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicar por 40/20”. (Crespo Villa, 1999).

“**Velocidades.** La velocidad en una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o la interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de la velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales par el control del flujo vehicular”. (Medina Fajardo, 2008).

“Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte,

ponderándose su importancia en términos de tiempo de recorrido, de costo de viaje, de la combinación de los factores anteriores y de la conveniencia de los usuarios”. (Medina Fajardo, 2008).

“La mayoría de las corrientes de tránsito registran en su comportamiento variaciones de velocidades que se ubican dentro de una distribución estadística, esto es, que la mayoría de los valores ocurren dentro de un rango central, con muy pocos valores ubicados en los rangos extremos de arriba y de debajo de la distribución; el diseño, en todo caso, busca satisfacer razonablemente los requerimientos de los usuarios en lo relativo a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, sin dejarse llevar por incómodos extremos, como sucedería si se pretendiera atender al reducido número de usuarios que reclaman mayores velocidades de lo que se juzga razonablemente”. (Medina Fajardo, 2008).

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

**“Velocidad de operación:** es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

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

“En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomado a la vez debidamente de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

“La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad para los riesgos que acarrearía en materia de seguridad”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

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

“Se admite que, en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la debida consideración de las condiciones topográficas del terreno, se reduzcan en forma gradual las velocidades recomendadas para diseño, hasta límites prácticos y razonables. En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de rueda sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

“La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura como componente, sobre elevación y distancias de visibilidad, de los que

depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la carretera, los hombros y las distancias a que deben de estar los muros y las restricciones laterales a la vía, no dependen de la velocidad de diseño, se asume que a mayores velocidades de diseño tales elementos deben ser mejorados dentro de límites prácticos y compatible con las mejoras que insinúa el cambio”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

- “Distribución de las velocidades”.
- “Tendencia de las velocidades”.
- “Tipo de área”.
  - “Rural”.
  - “Urbana”.
- “Condiciones del terreno”.
  - “Plano”.
  - “Ondulado”.
  - “Montañoso”.
- “Volúmenes de tránsito”.
- “Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias”.
- “Condiciones ambientales”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

**“Velocidades de ruedo:** la velocidad de ruedo, que es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

“La determinación de la velocidad promedio de ruedo donde el flujo del tránsito, es relativamente continuo, puede efectuarse mediante la aplicación de conocidos procedimientos de la ingeniería de tránsito para la velocidad y cálculo de la velocidad instantánea promedio de un punto característico de dicho tramo”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

“En las carreteras de bajo volumen de tránsito, las velocidades promedio de ruedo se aproximan a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestamiento que, deseablemente deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial”. (Ingenieros Consultores de Centro América, S.A., 2003).

#### **Drenajes menores en vías pavimentadas.**

“Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a esta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos. La definición de alcantarilla pluvial, dice que es un conducto que lleva agua a través del terraplén”. (Pacheco, 1998).

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

**“Consideraciones hidráulicas.** Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes factores: el

alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o socava, es señal que no tiene la capacidad, ni presta el servicio que se espera de ella en beneficio del pavimento”. (Pacheco, 1998).

“Una alcantarilla no debe diseñarse para que funcione a sección llena o con la boca de entrada sumergida más de una vez en cada 25 años. En caminos secundarios y poco transitados, el reboso de las aguas sobre el camino una vez cada varios años pueda que no tenga consideraciones serias, si el terraplén se haya protegido. Cuando se trate de caminos de mucho más tránsito, la boca de entrada debe ser tal, que en raras ocasiones quede sumergida y las aguas nunca deben rebosar por encima de la carretera”. (Pacheco, 1998).

“**Corriente de agua:** existen dos tipos de flujo: laminar y turbulento, generalmente es este último el que predomina. En el caso del flujo turbulento, la resistencia del agua se drena de ellas a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad, además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla”. (Steel & Terence, 2005).

“La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de cargas en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por diferencias de elevaciones de la superficie de agua entre los puntos considerados. También se consideran las pérdidas de entrada y salida de la tubería”. (Steel & Terence, 2005).

“**Gradiente hidráulico:** es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales. El gradiente hidráulico representa la presión a lo largo de tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente

hidráulico, es la columna de presión en ese punto, en canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua”. (Steel & Terence, 2005).

**“Diseño hidráulico:** el diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen que se concentra en su entrada, para ella se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos”. (Steel & Terence, 2005).

- “Precipitación pluvial”.
- “Área, pendiente y formación geológica de la cuenca”.
- “Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje”.

“Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Esto es necesario para conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada”. (Steel & Terence, 2005).

“Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar esta cantidad de agua. La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos, con el fin de evitar que el drenaje menor sea lo suficientemente capaz de evacuar el agua y así evitar azolvamiento, socavación o daño de pavimento; entre los métodos tenemos:” (Steel & Terence, 2005).

- “Por medio de fórmulas: en las que se toman en cuenta la cantidad de lluvia que cae, el tamaño de la cuenca. La pendiente y condiciones de vegetación del lugar”. (Steel & Terence, 2005).
  - “Formula de Talbot: proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga”.

- “Formula racional: ésta fórmula que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca”. (Steel & Terence, 2005).
- “Por medio de estructuras próximas y crecidas máximas marcas: puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente, en este caso bastará tomar las medidas de estas y así basarse en ellas para deducir el diámetro necesario. También se puede determinar la descarga por las marcas que deja el agua que deja una correntada, de estas aguas se toma el nivel de crecida y se puede utilizar de 10% al 15% de la creciente normal, para tener una margen aceptable y también se puede usar las crecidas extra-máxima, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar”. (Steel & Terence, 2005).

### **Requerimientos edáficos para aplicación de pavimento rígido.**

“En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto. Entre los más importantes están los ensayos de granulometría, proctor y CBR”. (Bolaños Barrios, 2007).

**“Ensayo de granulometría.** El análisis granulométrico es determinar los diferentes tamaños de grano presente en una masa dada. Para lograr lo anterior se debe obtener la cantidad de material que pasa a través de un tamiz, con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya maya tiene aberturas ligeramente menores a la anterior”. (Crespo Villalaz, 2004)

“Este se relaciona con la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamices, lo cual es de muchos tamaños, la

información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, los tamices son hechos de malla de alambre forjado, con aberturas rectangulares que van en tamaño desde 101,6 mm el más grueso hasta el número 0,038 mm correspondiente al suelo fino”. (Crespo Villalaz, 2004).

**“Límites de Atterberg:** las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos son estudiadas por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterberg”. (Crespo Villalaz, 2004).

- “Límite líquido. Es el contenido de agua del suelo tal para un material dado, este fija el estado casi líquido y el estado plástico, puede utilizarse para estimar asentamientos en estado de consolidación. También es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-89 teniéndose como obligatoriedad el hacerlo sobre muestras preparadas en húmedo.
- Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-90. Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido”. (Crespo Villalaz, 2004).
- “Índice plástico. es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico”. (Crespo Villalaz, 2004).

“Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla. Sin embargo, el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico”. (Crespo Villalaz, 2004).

**“Proctor.** La compactación consiste esencialmente en compactar una muestra de suelo húmedo en un molde cilíndrico de un volumen específico y con una energía de compactación especificada. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-180 de proctor modificado. La compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada”. (Crespo Villalaz, 2004).

“El suelo se compacta en un determinado número de capas iguales, cada capa recibe un número especificado de golpes, el cual consta de 3 capas de 25 golpes cada uno en un molde específico”. (Crespo Villalaz, 2004).

“La compactación en el quinto ensayo se basa en una combinación de presión estática y de vibración, luego de obtener los resultados de las diferentes iteraciones se realiza una gráfica de densidad seca vs. contenido de humedad. En la gráfica como se verá después, el pico define el contenido de humedad óptima, a la cual el suelo llega a la densidad máxima”. (Crespo Villalaz, 2004).

**“CBR.** El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación

de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado, en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-193”. (Crespo Villalaz, 2004).

“En laboratorio ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más”. (Crespo Villalaz, 2004).

“Bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utiliza en el campo, pero en ningún caso menor que 4,5 kg. Es durante este período cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa”. (Crespo Villalaz, 2004).

### **Estudios necesarios para implementación de pavimentos.**

“La construcción de infraestructura carretera moderna (camino, autopistas, puentes y libramientos) se relaciona directamente con el avance económico y logístico de un país. De ahí la importancia de que todos los estudios relacionados con su desarrollo se lleven a cabo bajo los estándares establecidos y siguiéndose las normas correspondientes”. (VISE, 2018).

“En lo que respecta a estudios de campo, los cuales tienen por objetivo brindar a los ingenieros civiles soluciones integrales para la ejecución de la obra, los necesarios en cualquier proyecto carretero son los siguientes:” (VISE, 2018).

**“Estudios de planeación.** Se enfocan en revisar los inventarios de recursos naturales e industriales de la zona, los estimados de la población, las tendencias del futuro para

la población, los estadísticos del tránsito actual y del que la infraestructura generará a futuro, así como en una opinión sobre la conveniencia o no conveniencia de la obra”. (VISE, 2018).

“Además, se clasifica a las vías terrestres por su función social, penetración económica y por su desarrollo. Las primeras son aquellas que se construyen en regiones con escaso potencial económico, y su función es comunicar a la sociedad; las segundas se crean para explotar la riqueza y el potencial de los recursos de la zona, y finalmente, las terceras proporcionan mejores servicios para poblaciones con una actividad agrícola, industrial y turística importante, ya que gracias a dichas dinámicas estas personas necesitan más obras de conectividad terrestre”. (VISE, 2018).

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

“Hablar de un reconocimiento topográfico implica analizar las condiciones generales del terreno en el que se trazará la obra, por ello, es necesario considerar los trazos requeridos, así como los datos precisos de las curvas de nivel y las tangentes que integran dichos trazos”. (VISE, 2018).

**“Estudios hidráulicos.** Sirven, principalmente, para conocer el gasto máximo de agua en época de lluvias, y así determinar en qué lugar es conveniente o necesario colocar alcantarillas para el escurrimiento del agua durante la planeación de la obra”. (VISE, 2018).

**“Estudios de tránsito.** Su finalidad es determinar las particularidades básicas de la infraestructura que se construye, por ejemplo, el número de carriles de circulación de

una carretera, los límites de velocidad ya en operación y tipos de vehículos que podrán circular por ésta”. (VISE, 2018).

“Como ya se mencionó, en el estudio de tránsito se especifican las características básicas de la obra, ¿por qué es importante considerar dichos aspectos? Porque, por lo general más del 40% de los vehículos son pesados, de estos la mayoría son camiones de dos ejes, y de acuerdo a las condiciones del terreno, tanto el buen estado de la carretera como el tráfico de la misma pueden verse afectados”. (VISE, 2018).

**“Estudios de mecánica de suelos.** Ayudan a conocer las peculiaridades del suelo donde se llevará a cabo la obra y de los materiales que se utilizarán para construir la carpeta asfáltica. También facilitan información referente al grado de compactación del suelo”. (VISE, 2018).

#### **Base legal.**

**“Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesa.** Fue emitido por el Presidente de la República de Guatemala, Jorge Ubico Castañeda el 5 de junio de 1942, a través de un Acuerdo Gubernativo. Es considerado actualmente 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 establecen los procedimientos a seguir para la aplicación de la norma ordinaria”. (Tipografía Nacional, 2000).

“Fue creado con el 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 aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (personeros de centros de servicio automotriz) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del censo, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

La segunda población de estudio (profesionales de la Dirección Municipal de Planificación) 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 15 personas pertenecientes a los distintos talleres de servicio del área; para responder causa, se identificaron a 5 profesionales a cargo de la Dirección Municipal de Planificación.

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.

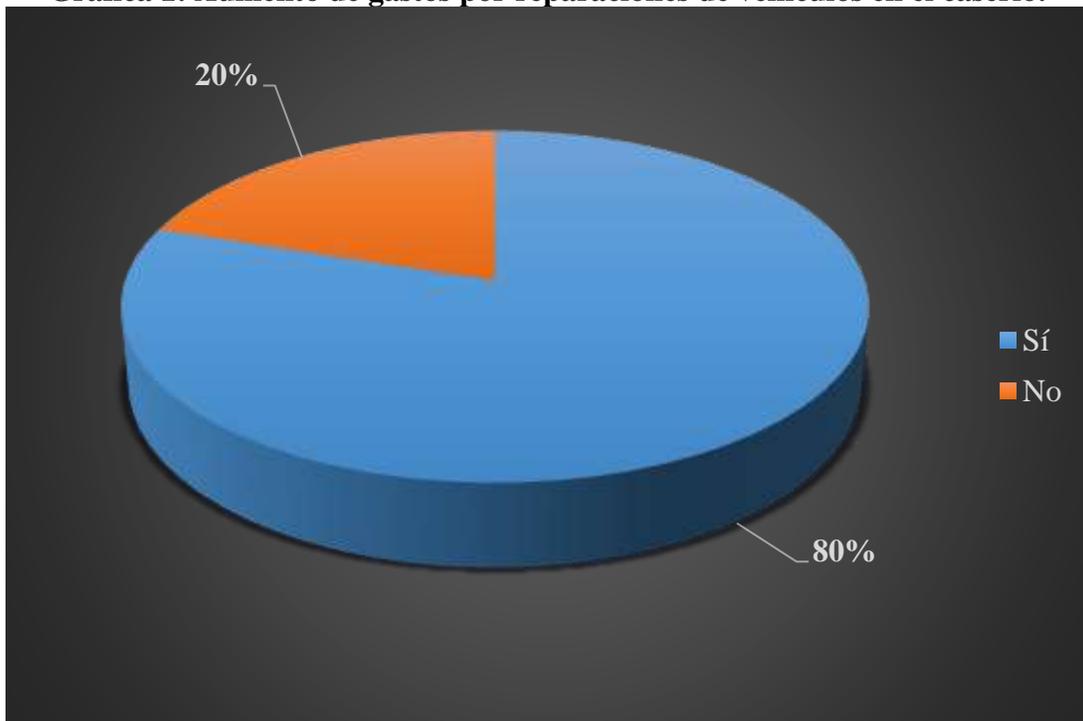
### III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

**Cuadro 4: Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	12	80
No	3	20
Totales	15	100

Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Gráfica 1: Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**



Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

#### **Análisis.**

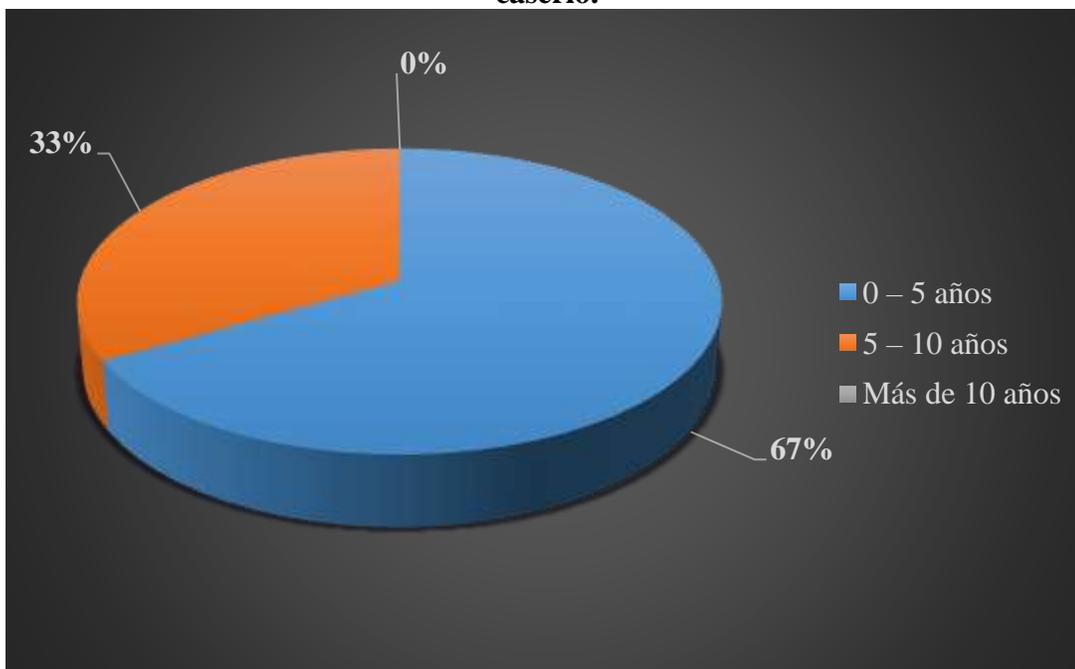
El efecto se confirma mediante la opinión de cuatro quintas partes de los encuestados, al indicar que el gasto por reparaciones de vehículos ha incrementado en el área de estudio, mientras que una quinta parte de estos señala que la situación es normal.

**Cuadro 5: Tiempo de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 5 años	10	67
5 – 10 años	5	33
Más de 10 años	0	0
Totales	15	100

Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Gráfica 2: Tiempo de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**



Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

### **Análisis.**

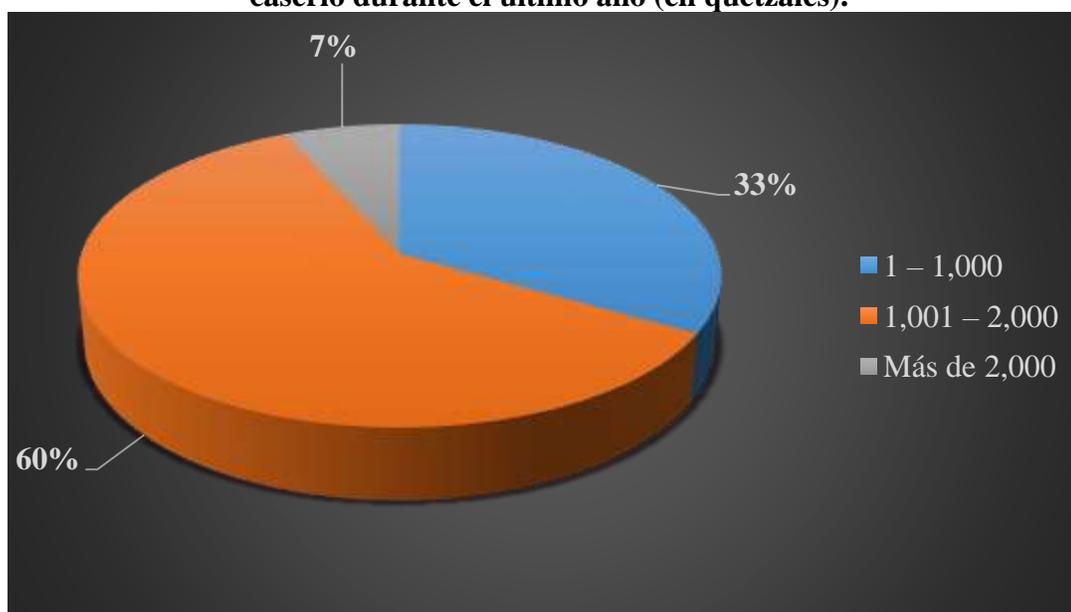
Dos tercios de los personeros encuestados señalan que el tiempo durante el que se ha percibido aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el área es entre 0 a 5 años; por otro lado, un tercio de estos indica que el tiempo es entre 5 y 10 años; con esta información se valida el efecto.

**Cuadro 6: Promedio de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío durante el último año (en quetzales).**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 1,000	5	33
1,001 – 2,000	9	60
Más de 2,000	1	7
Totales	15	100

Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Gráfica 3: Promedio de aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío durante el último año (en quetzales).**



Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Análisis.**

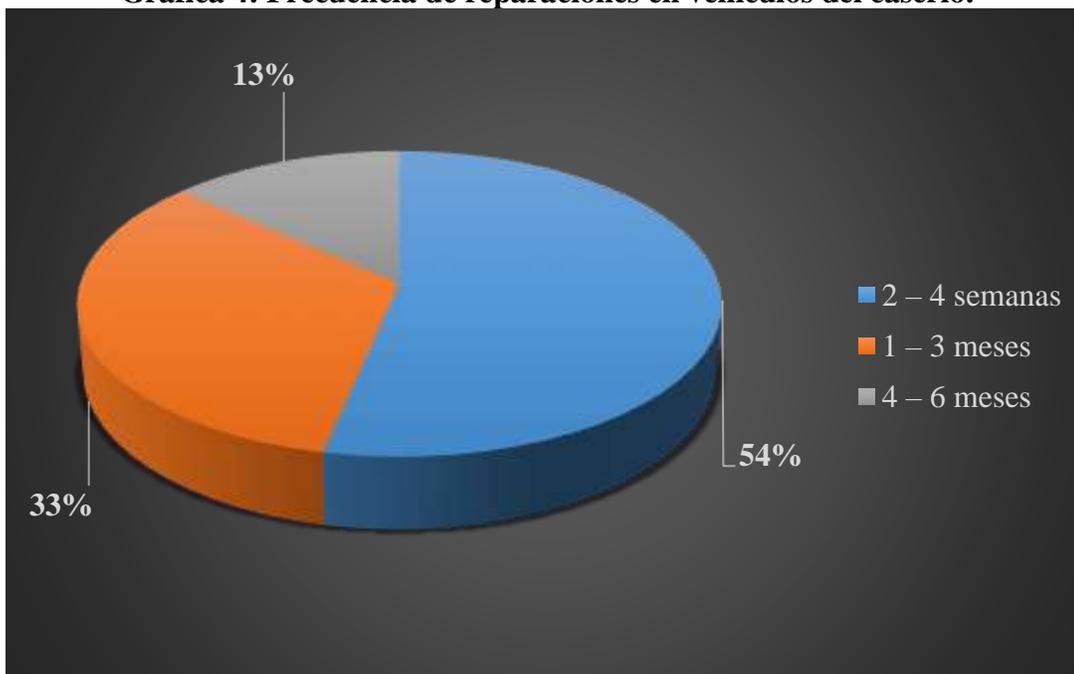
Tres quintas partes de los encuestados consideran que el promedio de aumento de gastos por reparaciones de vehículos del último año es entre 1,001 y 2,000 quetzales, un tercio de estos asegura que este aumento no supera los 1,000 quetzales, y una minoría restante indica que es superior a los 2,000 quetzales; estos datos comprueban el efecto planteado.

**Cuadro 7: Frecuencia de reparaciones en vehículos del caserío.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
2 – 4 semanas	8	54
1 – 3 meses	5	33
4 – 6 meses	2	13
Totales	15	100

Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Gráfica 4: Frecuencia de reparaciones en vehículos del caserío.**



Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

### **Análisis.**

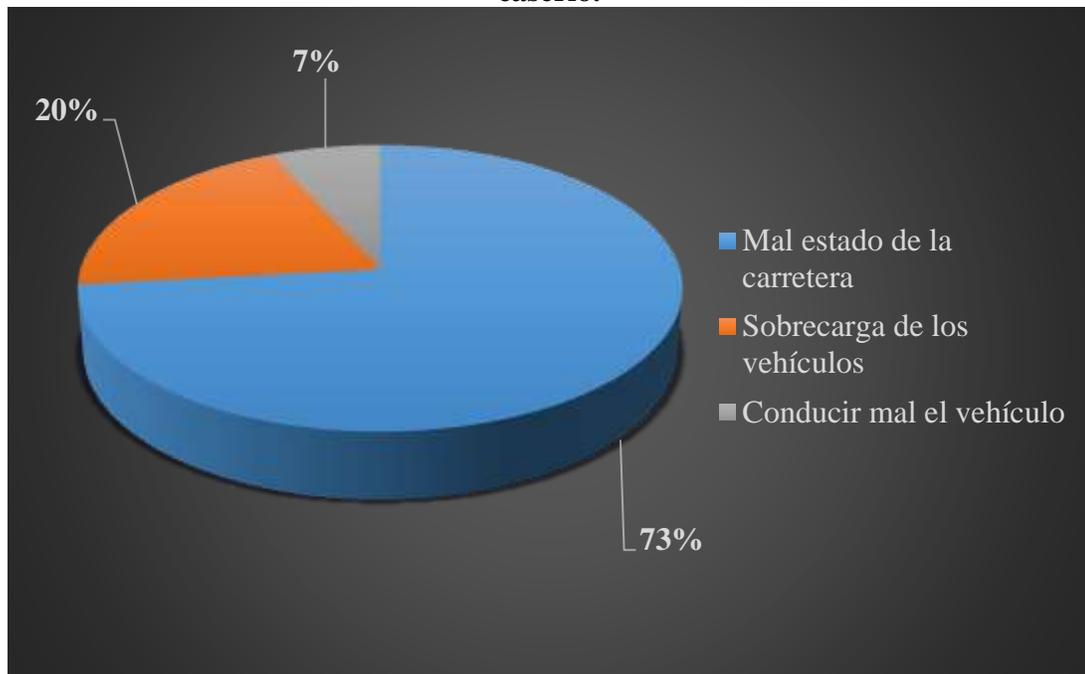
La mayoría de los encuestados aseguran que la frecuencia con la que los vehículos son reparados en el área de estudio es de 2 a 4 semanas, una segunda parte menor indica que esta frecuencia es de 1 a 3 meses, por último, una reducida parte de estos consideran que la frecuencia de reparaciones es de 4 a 6 meses; con esta información nuevamente se da validez al efecto.

**Cuadro 8: Motivo del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Mal estado de la carretera	11	73
Sobrecarga de los vehículos	3	20
Conducir mal el vehículo	1	7
Totales	15	100

Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Gráfica 5: Motivo del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío.**



Fuente: Personeros de talleres de servicio automotriz, julio 2020.

**Análisis.**

La mayor parte de los encuestados manifiesta que el mal estado de la carretera es la razón principal por la que se han aumentado los gastos en las reparaciones de vehículos, una menor parte de estos señala lo adjudica a la sobrecarga de vehículos, por último, una reducida parte señala a la mala conducción de vehículos; con esta información se valida el efecto una vez más.

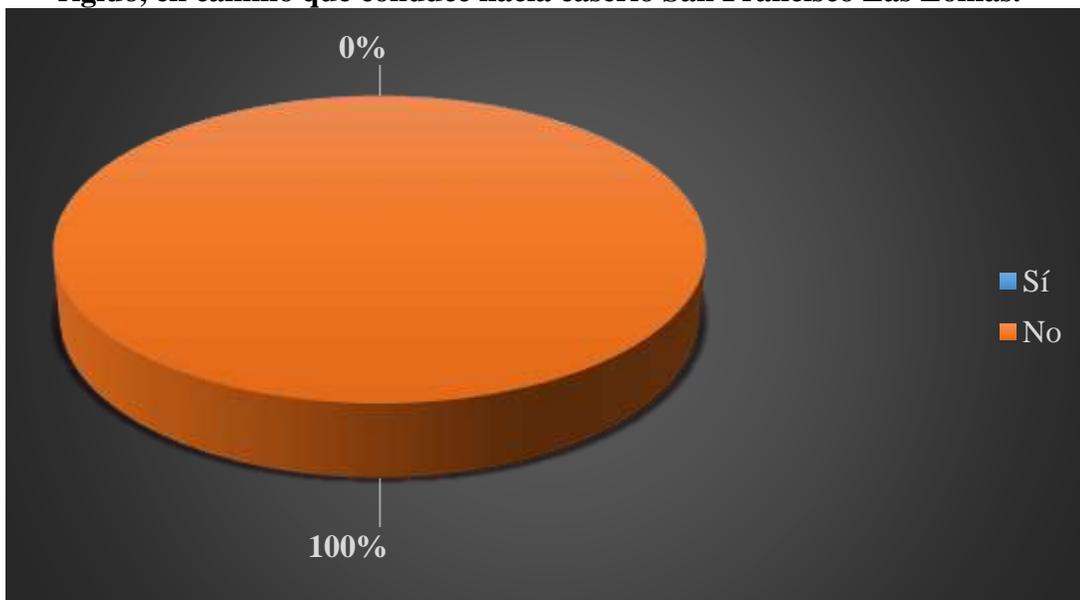
### III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente (X) o la causa.

**Cuadro 9: Existencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Gráfica 6: Existencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas.**



Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

#### **Análisis.**

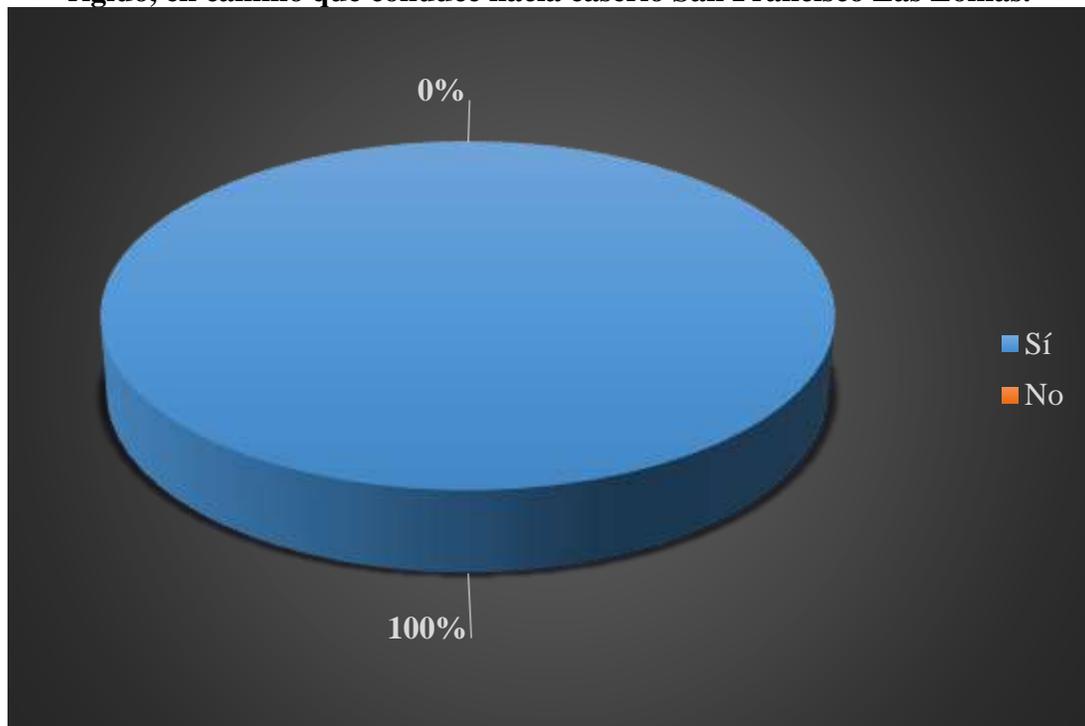
La causa se confirma directamente, mediante la opinión de la totalidad de todos los profesionales municipales encuestados que aseguran no se cuenta con proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas.

**Cuadro 10: Necesidad de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Gráfica 7: Necesidad de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas.**



Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

### **Análisis**

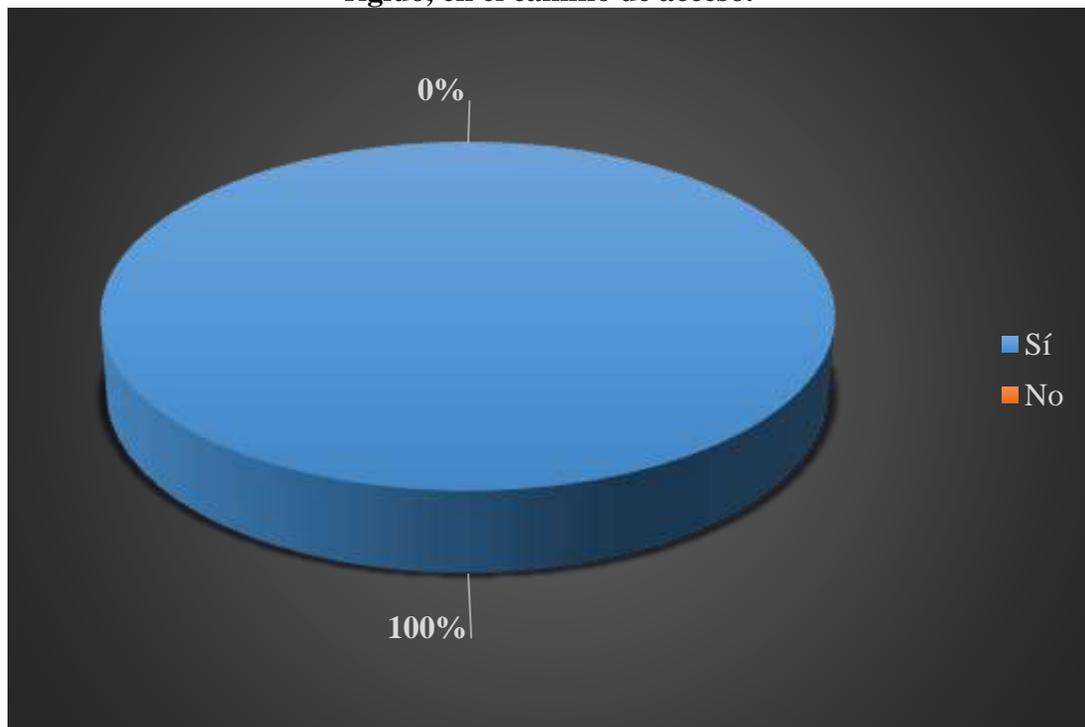
Todos los profesionales de la municipalidad encuestados consideran que el proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas es absolutamente necesario, por lo que se da validez a la causa.

**Cuadro 11: Calidad de vida de los habitantes de caserío San Francisco Las Lomas afectada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino de acceso.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Gráfica 8: Calidad de vida de los habitantes de caserío San Francisco Las Lomas afectada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino de acceso.**



Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

### **Análisis**

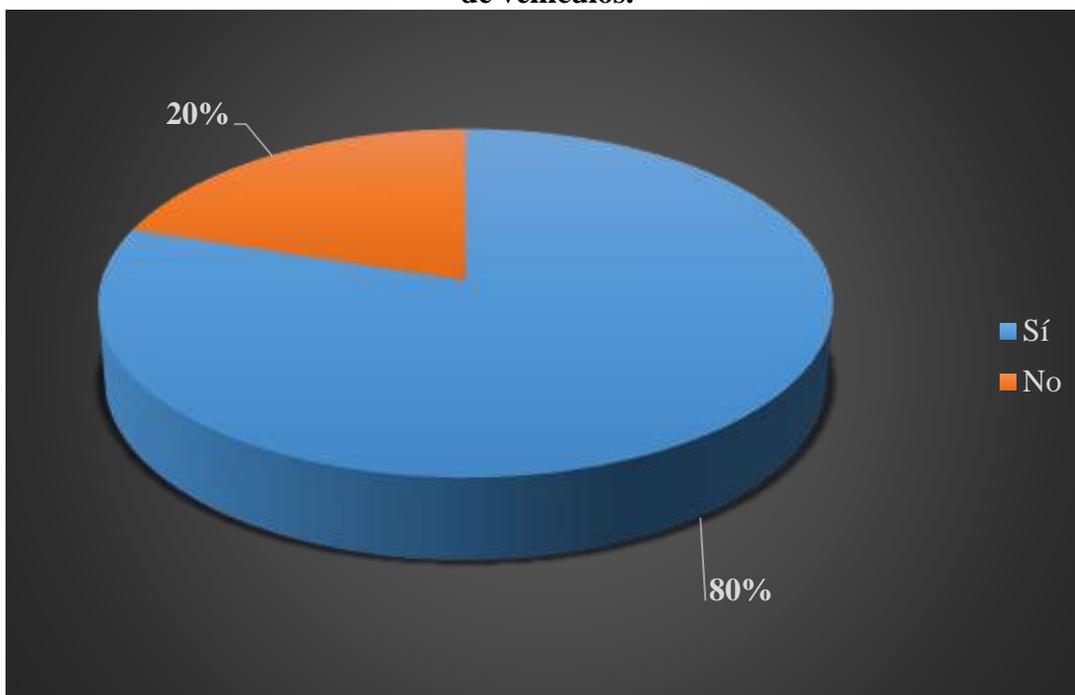
El total de los profesionales municipales encuestados consideran que la falta del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío San Francisco Las Lomas perjudica la calidad de vida de sus habitantes, por lo que se valida la causa planteada.

**Cuadro 12: Falta del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas como factor de deterioro de vehículos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	4	80
No	1	20
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Gráfica 9: Falta del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas como factor de deterioro de vehículos.**



Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

### **Análisis**

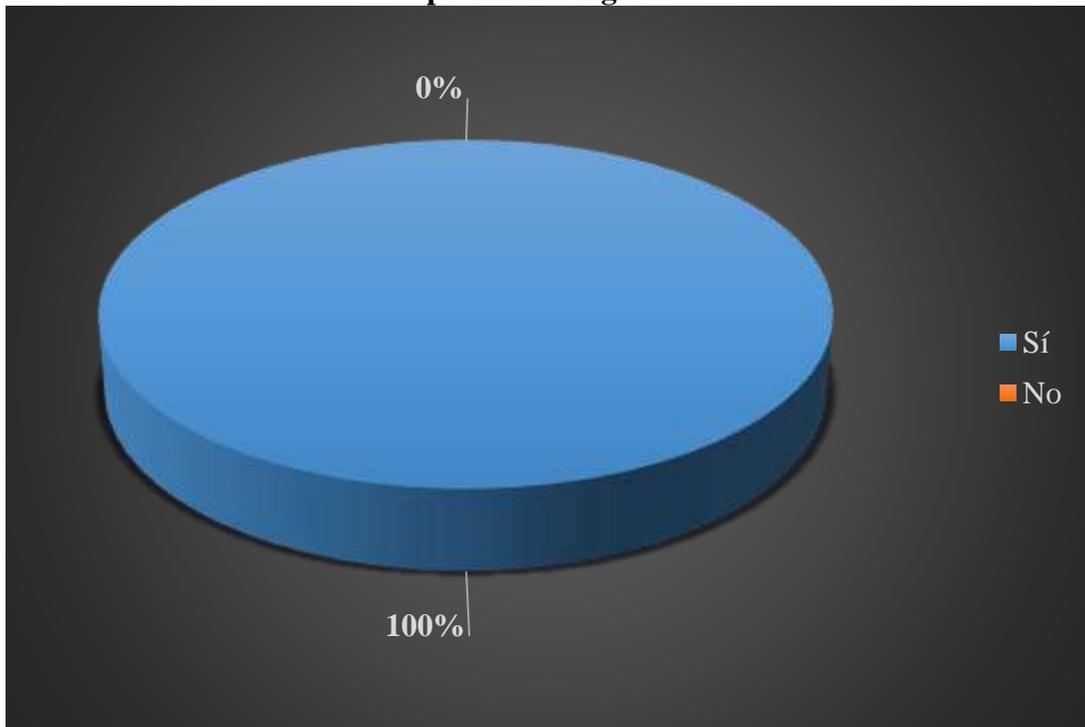
Cuatro quintas partes de los encuestados indican que el no contar con proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas promueve el deterioro de los vehículos de los habitantes, mientras que una quinta parte considera no lo adjudica a esta situación; con esta información se comprueba la causa.

**Cuadro 13: Circulación vehicular y peatonal en camino a caserío San Francisco Las Lomas perjudicada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Gráfica 10: Circulación vehicular y peatonal en camino a caserío San Francisco Las Lomas perjudicada por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.**



Fuente: Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación, julio 2020.

**Análisis**

Todos los encuestados aseguran que la falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido perjudica la circulación vehicular y peatonal en camino a caserío San Francisco Las Lomas, esta información confirma nuevamente la causa planteada.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **IV.1 Conclusiones.**

La investigación se realizó en caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, con 15 personeros de talleres de servicio automotriz y cinco profesionales de la municipalidad; 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 aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.
2. Los gastos por reparaciones de vehículos no han disminuido en el área de estudio.
3. El incremento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío se ha percibido desde hace cinco años.
4. Se ha registrado un promedio de aumento de gastos por reparaciones de entre 1,001 y 2,000 quetzales solo en el último año.
5. Los vehículos del área de estudio son reparados con una frecuencia de 2 a 4 semanas.
6. No se cuenta con carreteras en buen estado para poder acceder al caserío San Francisco Las Lomas.

7. No se cuenta con proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío.
8. Implementar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío es de carácter urgente.
9. La calidad de vida de los habitantes del área de estudio no es óptima por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino de acceso.
10. El deterioro de los vehículos de los habitantes del caserío es propiciado por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino de acceso.
11. La circulación vehicular en el camino de acceso al caserío no es favorable debido a faltar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.

#### **IV.2 Recomendaciones.**

Los datos obtenidos a través de la investigación en caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, arrojan aumento de gastos en reparaciones de vehículos por mal estado del camino, provocado por falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, por tanto, que se recomienda emplear las sugerencias descritas a continuación.

1. Implementar el proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en el camino que conduce a San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.
2. Detener el aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el área de estudio.

3. Revertir la tendencia de aumento en los gastos por reparaciones de vehículos de los últimos cinco años.
4. Reducir el promedio anual de gastos por reparaciones de vehículos en el área de estudio.
5. Impulsar alternativas de beneficio común para reducir la frecuencia de reparaciones en los vehículos del caserío.
6. Invertir en el mejoramiento de las condiciones de infraestructura vial del área de estudio.
7. Desarrollar adecuadamente el proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío.
8. Agilizar los procesos de gestión que permita la ejecución inmediata del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce hacia caserío.
9. Mejorar el índice de calidad de vida de los habitantes del caserío mediante la optimización de la infraestructura vial.
10. Promover las condiciones adecuadas para evitar el deterioro de vehículos por el mal estado del camino.
11. Establecer un sistema vial para la circulación segura de vehículos en la zona por medio de un proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Altoubat, S., Roesler, J., & Lange, D. (2009). *Simplified method for concrete pavement design with discrete structural fibers*. Houston, EE.UU.: ISUUE.
2. Anon, E. (1991). *Highway construction/ Ground insulation*. Roma, Italia: BAYLI.
3. Aristizabal, J. (2000). *Estructuras de vigas sobre suelos elásticos de rigidez variable*. Buenos Aires, Argentina: Rev. Int.
4. Banco Mundial. (2014). *Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III)*. Ginebra, Suiza: BM.
5. Benítez, R. (1999). *Trazado de vías*. La Habana, Cuba: Producciones del MES.
6. Bolaños Barrios, W. (2007). *Guía teórica y práctica del curso de pavimentos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
7. Brand, P. (2009). *Manual de reparación y mantenimiento automotriz*. Fenix, EE.UU.: Limusa.
8. Bridle, R., & Porter, J. (2002). *The Motorway Achievement: Frontiers of Knowledge and Practice*. Atlanta, EE.UU.: Thomas Telford.
9. Carciente, J. (1985). *Carreteras, estudio y proyecto*. Madrid, España: Vega S. A.
10. Carrazana Gómez, R., & Rubio Casanovas, M. (1997). *Técnicas básicas de construcción*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
11. Carreteras Panamericanas. (2017, Agosto 18). *Carreteras PAN-AMERICANAS*. Retrieved from Carreteras en Guatemala se encuentran en mal estado: <https://www.carreteras-pa.com/noticias/carreteras-guatemala-se-encuentran-mal-estado/>
12. Coche Español. (2015, Noviembre 10). *Automotriz*. Retrieved from El promedio anual de costos de reparación en un vehículo: <http://www.automotriz.mobi/coches/Reparaciones/general-auto-repair/75544.html>

13. Comisión Federal de Comercio. (2012, Agosto 22). *Comisión Federal de Comercio*. Retrieved from Información básica sobre reparaciones de carros: <https://www.consumidor.ftc.gov/articulos/s0211-informacion-basica-sobre-reparaciones-de-carros>
14. Crespo Villa, C. (1999). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México, México: Limusa.
15. Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México, México: Limusa.
16. Dirección General de Caminos, & Ministerio Comunicaciones y Obras Públicas. (2008). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala, Guatemala: Gobierno de Guatemala.
17. Dowler, T. (2017, Junio 11). *Undiscovered Scotland*. Retrieved from British Highways and Byways From a Motor Car: <https://www.undiscoveredscotland.co.uk/usebooks/murphy-motortour/index.html>
18. Ecoasfalt. (2016, Septiembre 18). *ECOASFALT*. Retrieved from Consecuencias del asfalto en mal estado de conservación: <https://www.ecoasfalt.es/noticias/consecuencias-del-asfalto-en-mal-estado-de-conservacion/#:~:text=Una%20carretera%20en%20mal%20estado,educaci%C3%B3n%20y%20la%20cohesi%C3%B3n%20regional.&text=El%20mal%20estado%20de%20una,que%20no%20se%20ven%20etc>.
19. Escobar, M. (2011). La carretera y sus firmes. *CIMBRA*, 23.
20. Espasa. (1940). *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Madrid, España: Omega.
21. European Communities and Transportation. (2007). *Road Transport (Europe)*. Bruselas, Bélgica: Overview.
22. Federal Highway Administration. (2008). *Warm Mix Asphalt Technologies and Research*. Londres, Reino Unido: FHA.

23. García López, S. (2004, Mayo 16). *Biblioteca Virtual USAC*. Retrieved from Diseño de pavimento rígido del barrio Colombita de la ciudad de Coatepeque, Quetzaltenango: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08\\_0033.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0033.pdf)
24. García, R. A. (2010). *DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
25. García, R. A. (2010). *DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
26. Garcia, R. A. (2010). *DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
27. Guerola, V. S. (1998). Camí de la Baixa Ribagorça, a la Vall de l'Isàvena. *Fotografía*. Madrid, España.
28. Iberisa. (2018, Noviembre 05). *IBERISAS*. Retrieved from 7 pasos esenciales del proceso de reparaciones de vehículos: <https://iberisasl.com/blog/7-pasos-esenciales-del-proceso-de-reparaciones-de-vehiculos/>
29. IBOAI. (2018, Octubre 10). *IBOAI*. Retrieved from Gastos de Automóvil: <https://www.iboai.com/es/resources/tax-news-information/ibo-bookkeeping-101/ibo-bookkeeping-101-united-states/104-automobile-expenses#:~:text=Los%20gastos%20reales%20de%20autom%C3%B3vil,%2C%20gastos%20de%20intereses%2C%20etc.>
30. Ingenieros Consultores de Centro América. (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones.
31. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A. (2003). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala: Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.

32. Laurenec, I. (1960). *Ingeniería de carreteras*. México, México: Continental S. A.
33. Lendering, J. (2008). *Royal Road*. Teherán, Irán: Iran Chamber of Society.
34. López López, J. (2009). *Manual de cursos de pavimentación*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
35. Madenci, E., & Ibrahim, G. (2006). *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS*. New York, EE.UU.: Springer.
36. Marrow, L. (2004). *Manual de Mantenimiento Industrial: Organización, Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Química, Civil, Procesos y Sistemas*. México, México: Mc Graw Hill Book Company.
37. Martínez Corrales, A. (2002). *Texto Básico de Obras Viales*. La Habana, Cuba: Producciones MES.
38. Medina Fajardo, C. (2008). *Diseño de pavimento del tramo carretero de la aldea Laguna Seca hacia la aldea El Durazno y diseño de las instalaciones del instituto por cooperativa de la aldea Las Trojes municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
39. Ministerio de Fomento de España. (2012). *Norma 6 I.C de Firmes*. Madrid, España: MFE.
40. Moaveni, S. (2003). *Finite Element Analysis, Theory and Application with Ansys*. Berlin, Alemania: Prentice Hall.
41. Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Cali, Colombia: Ágora.
42. Montiel, Y. (1987). *Industria automotriz y automatización: el caso de VW de México*. México, México: CIESAS.
43. Nam, J., Kim, D., Choi, S., & Won, M. (2007). *Variation of crack width over time in continuously reinforced concrete pavement*. Tokio, Japón: Research Record.

44. Ordoñez, C. G. (2006). *DISEÑO DE: AMPLIACIÓN DE 1.45 KM. DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
45. Pacheco Mazariegos, A. (1995). *Proyecto de Pavimentos de un sector de la zona 12 y compactación de suelos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from PAVIMENTOS.
46. Pacheco, A. (1998). *El control del agua en el diseños de pavimentos*. México: Limusa.
47. Packard, R. G. (1984). *Thickness Desing for concrete highway and street pavements*. Estados Unidos de Norte América: Portland Cement Association.
48. Parada, L. (2018, Noviembre 16). *Sport*. Retrieved from El mal estado de las carreteras es la principal causa de accidentes: <https://www.sport.es/es/noticias/motor/trending/el-mal-estado-de-las-carreteras-es-la-principal-causa-de-accidentes-7146829>
49. Paz Stubbs, A. (2000). *Pavimentos, tipo y usos*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
50. Pedrosa, J. (2019, Febrero 03). *Economipedia*. Retrieved from Gasto: <https://economipedia.com/definiciones/gasto.html>
51. Pérez, J., & Merino, M. (2013, Diciembre 16). *Definición.de*. Retrieved from Definición de Gasto: <https://definicion.de/gasto/>
52. Quintana, J. (2013). *Pavimento de concreto estructuralmente reforzado*. Puebla, México: Ingeniería Civil Issue.
53. RAE, R. (2019, Octubre 12). *RAE*. Retrieved from Diccionario de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/pavimento>
54. Siebold, G. (2005). *Manual Centroamérica de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales*. Panamá, Panamá: SIECA.
55. Steel, E., & Terence, J. (2005). *Alcantarillados, drenajes y pavimentación*. Barcelona, España: Gustavo Pili S.A.

56. Tipografía Nacional. (2000). *Recopilación de Leyes de la República*. Guatemala, Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.
57. Ucha, F. (2009, Mayo 08). *Definición ABC*. Retrieved from Definición de Gastos: <https://www.definicionabc.com/general/gastos.php>
58. VISE. (2018, Julio 27). *VISE*. Retrieved from Estudios de campo para construir una obra carretera: <https://blog.vise.com.mx/estudios-de-campo-para-construir-una-obra-carretera>
59. Woom, M. (2008). *Improvements of testing procedures for concrete coefficient of thermal expansion*. Tokio, Japón: Research Record.
60. Word FAQ. (2007, Marzo 24). *Lexico Publishing Group, LLC*. Retrieved from What is the difference between a road and a street?: [Dictionary.com](https://www.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: Marvin Orlando Coc Suruy Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 05 de junio de 2020

Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años.	4) Objetivo general Disminuir gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los gastos por reparaciones de vehículos en el área de estudio y se soluciona la problemática identificada en el efecto, en 90%.
2) Problema central Mal estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	5) Objetivo específico Mejorar estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	Verificadores: Encuestas a personeros de Centros de Servicio Automotriz; encuestas a conductores.  Supuestos: La unidad ejecutora, enlaza esfuerzos con los Centros de Servicio Automotriz para implementar la campaña de mantenimiento preventivo de vehículos dirigida a conductores del área en estudio.

		Cooperantes: Centros de Servicio Automotriz del área en estudio.
3) Causa principal o variable independiente  Inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	6) Nombre  Proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico  Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se cuenta con carretera en buen estado físico y adecuado para su uso, con lo que se soluciona la problemática identificada en el problema central, en 90%.
7) Hipótesis El aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.	12) Resultados o productos * Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, como Unidad Ejecutora. * Se elabora anteproyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	Verificadores: Reportes de la unidad ejecutora, encuestas a personeros de Centros de Servicio Automotriz; encuestas a conductores, fotografías y videos del producto final.  Supuestos: La unidad ejecutora, implementa el programa de mantenimiento preventivo semestral a la nueva carretera para evitar su deterioro.
8) Preguntas clave y comprobación del efecto a) ¿Considera usted que existe aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío? Si ___ No___  b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe aumento de	13) Ajustes de costos y tiempo	N/A

<p>gastos por reparaciones de vehículos en el caserío? 0-5 años ___ 5-10 años ___ Más de 10 años ___</p> <p>c) ¿En cuántos quetzales se ha incrementado el gasto por reparaciones de vehículos en el caserío en el último año? 1-1000 ___ 1001-2000 ___ Más de 2000 ___</p> <p>d) ¿Con qué frecuencia reparan los vehículos en el caserío? 2-4 semanas ___ 1-3 meses ___ 4-6 meses ___</p> <p>e) ¿Cuál es la causa del aumento de gastos por reparaciones de vehículos? Mal estado de la carretera ___ Sobrecarga en los vehículos ___ Conducir mal el vehículo ___</p> <p>Dirigidas a personeros de Centros de Servicio Automotriz del caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.</p> <p>Boletas 15, 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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez? Si ___ No ___</p> <p>b) ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para pavimentación, mediante</p>	

pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

c) ¿Cree usted que la falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, afecta la calidad de vida de los habitantes? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

d) ¿Considera que la falta de proyecto para pavimentación, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, produce deterioros en los vehículos? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

e) ¿Cree usted que la falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, afecta la circulación vehicular y peatonal? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Dirigidas a Profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

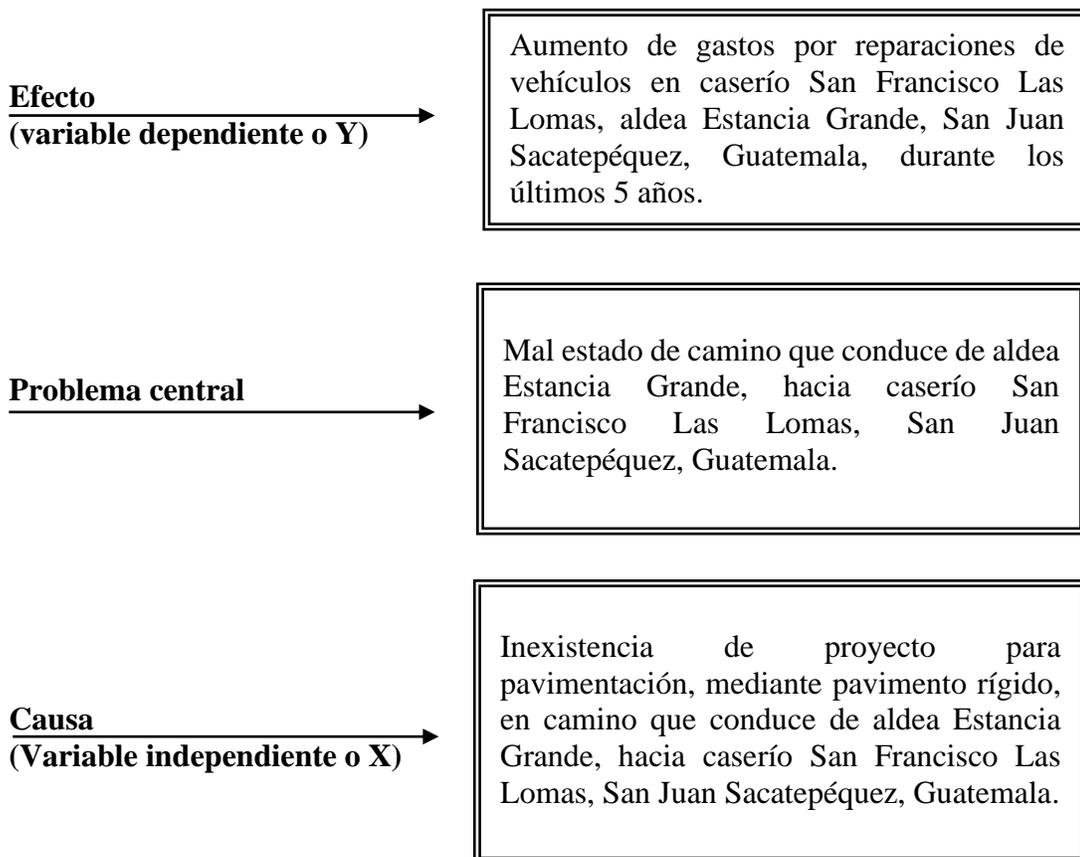
Boletas 5, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.



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

### Árbol de problemas.

Tópico: Mal estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande.



### Hipótesis causal:

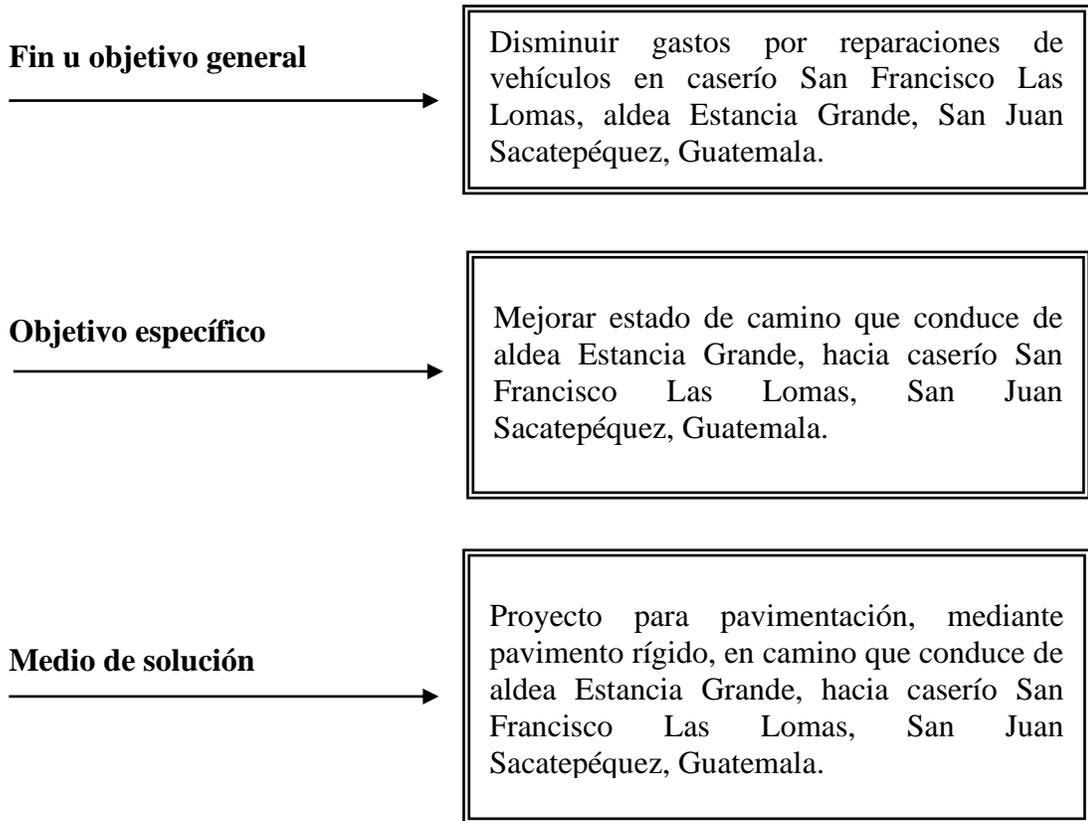
“El aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”.

**Hipótesis interrogativa:**

¿Será la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido la causante del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 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.

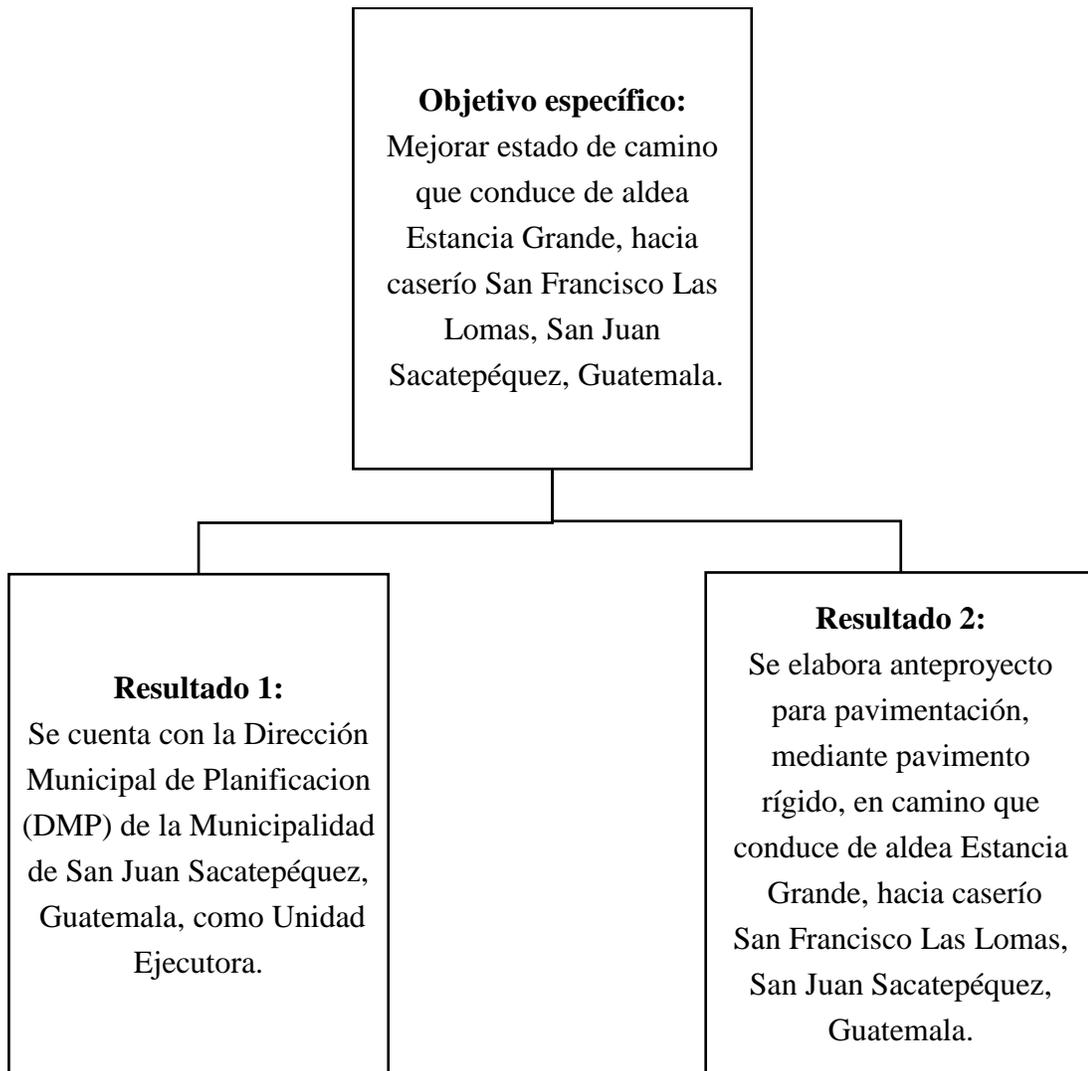


**Título de tesis.**

Proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

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

Con la finalidad de proporcionar una solución que reduzca los gastos de los conductores regulares del camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, 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

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable dependiente siguiente: “**Aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años**”.

Esta boleta está dirigida a personeros de Centros de Servicio Automotriz del caserío San Francisco Las Lomas; con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** Lea cada pregunta y marque con una X su respuesta.

1. ¿Considera usted que existe aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío?  
**Sí** \_\_\_\_\_ **No** \_\_\_\_\_
  
2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe aumento de gastos por reparaciones de vehículos en el caserío?  
**2.1. 0 – 5 años** \_\_\_\_\_  
**2.2. 5 – 10 años** \_\_\_\_\_  
**2.3. Más de 10 años** \_\_\_\_\_
  
3. ¿En cuántos quetzales se ha incrementado el gasto promedio por reparaciones de vehículos en el caserío en el último año?  
**3.1. 1 – 1,000** \_\_\_\_\_  
**3.2. 1,001 – 2,000** \_\_\_\_\_  
**3.3. Más de 2,000** \_\_\_\_\_
  
4. ¿Con qué frecuencia reparan los vehículos en el caserío?  
**4.1. 2 – 4 semanas** \_\_\_\_\_  
**4.2. 1 – 3 meses** \_\_\_\_\_  
**4.3. 4 – 6 meses** \_\_\_\_\_
  
5. ¿Cuál es la causa del aumento de gastos por reparaciones de vehículo?  
**5.1. Mal estado de la carretera** \_\_\_\_\_  
**5.2. Sobrecarga en los vehículos** \_\_\_\_\_  
**5.3. Conducir mal el vehículo** \_\_\_\_\_

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

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

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

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de Investigación

Variable Independiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar o no la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala”.**

Esta boleta está dirigida a profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez; con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** Lea cada pregunta y marque con una X su respuesta.

1. ¿Conoce si existe proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez?  
**Sí**\_\_\_\_\_ **No**\_\_\_\_\_
2. ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez?  
**Sí**\_\_\_\_\_ **No**\_\_\_\_\_
3. ¿Cree usted que la falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, afecta la calidad de vida de los habitantes?  
**Sí**\_\_\_\_\_ **No**\_\_\_\_\_
4. ¿Considera que la falta de proyecto para pavimentación, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, produce deterioros en los vehículos?  
**Sí**\_\_\_\_\_ **No**\_\_\_\_\_
5. ¿Cree usted que la falta de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, afecta la circulación vehicular y peatonal?  
**Sí**\_\_\_\_\_ **No**\_\_\_\_\_

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

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

### **Anexo 6. 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 ambas son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas; de 15 representantes de Centros de Servicio Automotriz del caserío San Francisco Las Lomas, para la comprobación del efecto, y, de cinco profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, para población causa.

**Anexo 7. 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 2015 a 2019); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a los gastos por reparaciones de los vehículos en el caserío San Francisco Las Lomas.

Requisito.  $+>0.80$  y  $+<1$

Año	X (Años)	Y (Gasto anual en Q.)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	275,000	275000.00	1	75625000000.00
2016	2	293,960	587920.00	4	86412481600.00
2017	3	316,933	950799.00	9	100446526489.00
2018	4	335,761	1343044.00	16	112735449121.00
2019	5	359,168	1795840.00	25	129001652224.00
Totales	15	1580822	4952603.00	55	504221109434.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	4952603
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	504221109434.00
$\sum Y=$	1580822
$n\sum XY=$	24763015
$\sum X*\sum Y=$	23712330
Numerador=	1050685

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	2521105547170.00
$(\sum Y)^2=$	2498998195684.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	22107351486
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*$	1105367574300.00
Denominador:	1051364.625
<b>r=</b>	<b>0.999353578</b>

**Fórmula:**

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

**Análisis:**

Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.99$  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 (Gasto anual en Q.)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	275,000	275000.00	1	75625000000.00
2016	2	293,960	587920.00	4	86412481600.00
2017	3	316,933	950799.00	9	100446526489.00
2018	4	335,761	1343044.00	16	112735449121.00
2019	5	359,168	1795840.00	25	129001652224.00
Totales	15	1580822	4952603.00	55	504221109434.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	4952603
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	504221109434.00
$\sum Y =$	1580822
$n \sum XY =$	24763015
$\sum X * \sum Y =$	23712330
Numerador de b:	1050685
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	21013.7
Numerador de a:	
$\sum Y =$	1580822
$b * \sum X =$	<b>315205.5</b>
Numerador de a:	<b>1265616.5</b>
a=	<b>253123.3</b>

**Fórmulas:**

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

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

**Cálculos por año.**

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y(2020)=	a	+	(b * X)	
Y(2020)=	253123.3	+	21013.7	X
Y(2020)=	253123.3	+	21013.7	6
Y(2020)=	379205.5			
<b>Y(2020)=</b>	<b>Q. 379,205.5</b>			

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y(2021)=	a	+	(b * X)	
Y(2021)=	253123.3	+	21013.7	X
Y(2021)=	253123.3	+	21013.7	7
Y(2021)=	400219.2			
<b>Y(2021)=</b>	<b>Q. 400,219.20</b>			

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y(2022)=	a	+	(b * X)	
Y(2022)=	253123.3	+	21013.7	X
Y(2022)=	253123.3	+	21013.7	8
Y(2022)=	421232.9			
<b>Y(2022)=</b>	<b>Q. 421,232.90</b>			

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y(2023)=	a	+	(b * X)	
Y(2023)=	253123.3	+	21013.7	X
Y(2023)=	253123.3	+	21013.7	9
Y(2023)=	442246.6			
<b>Y(2023)=</b>	<b>Q. 442,246.60</b>			

<b>Ecuación de la línea recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y(2024)=	a	+	(b * X)	
Y(2024)=	253123.3	+	21013.7	X
Y(2024)=	253123.3	+	21013.7	10
Y(2024)=	463260.3			
<b>Y(2024)=</b>	<b>Q. 463,260.30</b>			

### Proyección con proyecto.

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

### Fórmula:

$Y(2020) = \text{Año anterior} - \text{Porcentaje de resolución propuesto.}$

### Cálculos por año.

Y (2020)	=	Y(2019)	-	11%	=
Y (2020)	=	359,168.00	-	39508.48	319,659.52
<b>Y (2020)</b>	=	<b>319,659.52 quetzales</b>			

Y (2021)	=	Y(2020)	-	16%	=
Y (2021)	=	319659.52	-	51145.52	268,514.00
<b>Y (2021)</b>	=	<b>268,514.00 quetzales</b>			

Y (2022)	=	Y(2021)	-	18%	=
Y (2022)	=	268514.00	-	48332.52	220,181.48
<b>Y (2022)</b>	=	<b>220,181.48 quetzales</b>			

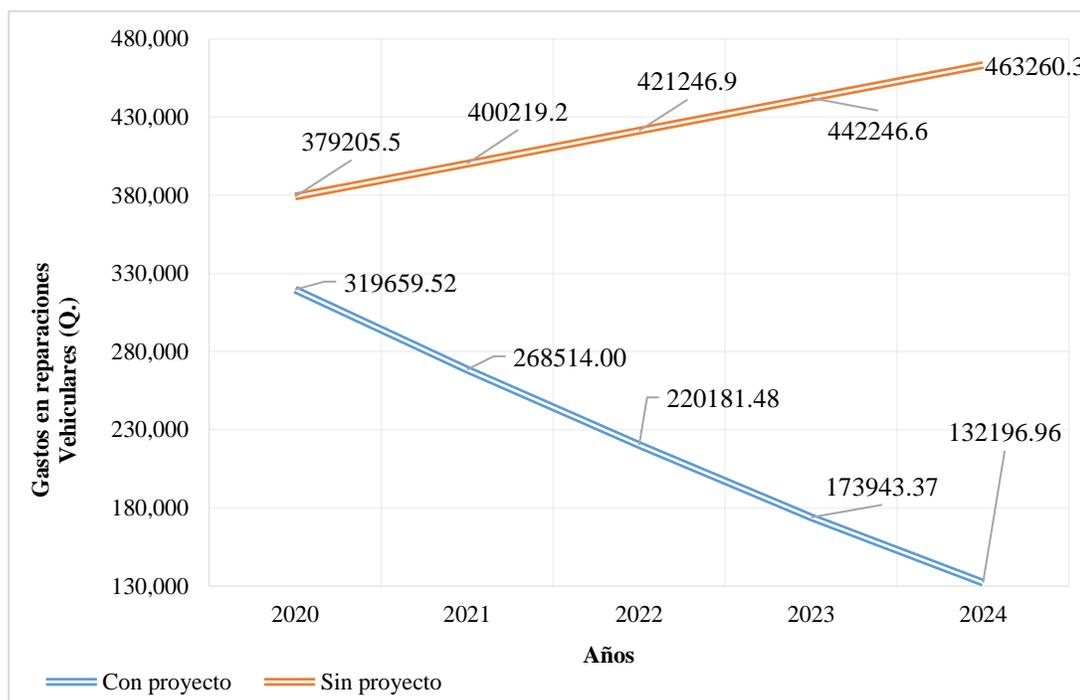
Y (2023)	=	Y(2022)	-	21%	=
Y (2023)	=	220181.48	-	46238.11	173,943.37
<b>Y (2023)</b>	=	<b>173,943.37 quetzales</b>			

Y (2024)	=	Y(2023)	-	24%	=
Y (2024)	=	173943.37	-	41746.41	132,196.96
<b>Y (2024)</b>	=	<b>132,196.96 quetzales</b>			

**Cuadro 1: Comparativo sin y con proyecto.**

Año	Proyección sin proyecto (Q.)	Proyección con proyecto (Q.)
2020	379,205.50	319,659.52
2021	400,219.20	268,514.00
2022	421,246.90	220,181.48
2023	442,246.60	173,943.37
2024	463,260.30	132,196.96

**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 implementar el proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, y así solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Marvin Orlando Coc Suruy.

**TOMO II**

PROYECTO PARA PAVIMENTACIÓN, MEDIANTE PAVIMENTO RÍGIDO,  
EN CAMINO QUE CONDUCE DE ALDEA ESTANCIA GRANDE, HACIA  
CASERÍO SAN FRANCISCO LAS LOMAS, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ,  
GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, noviembre de 2021.

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciatura 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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala”.

El informe contiene los resultados de la investigación realizada previo a optar al título de Ingeniera 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 mejorar la infraestructura vial de aldea Estancia Grande y caserío San Francisco Las Lomas.

El interés en realizar una investigación sobre este tema es contribuir para reducir en el gasto que los propietarios de vehículos invierten en sus reparaciones, ya que año tras año este incrementa y repercute en la economía de propietarios y usuarios de transporte en general, esto por mal estado del camino de acceso a la comunidad, por lo cual es absolutamente necesario que se implemente un proyecto para la aplicación de pavimento rígido en el todo el tramo carretero.

### **Presentación.**

La investigación se enfoca en el tópico sobre el mal estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, este estudio tiene como finalidad determinar el aumento del gasto en reparaciones de vehículos corredor que se percibe desde hace cinco años, lo cual amerita realizar una investigación para que las autoridades municipales obtengan una solución.

El objetivo de la investigación es optimizar el estado actual de la infraestructura vial que conecta al caserío San Francisco Las Lomas con la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez.

Como medio para solucionar la problemática se propone implementar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce al caserío, esta propuesta está dirigida a los profesionales municipales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

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.

## **INDICE GENERAL**

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
	I. RESUMEN.....	1
	II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	9
	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 incremento del gasto en reparaciones de vehículos del caserío San Francisco Las Lomas, durante los últimos cinco años por mal estado del camino, debido a no contar con un plan de mejora del camino mediante pavimentación rígida, que llevaron hasta la comprobación de las variables del problema identificado, así como plantear la posible solución del mismo.

### **Planteamiento del problema.**

El presente informe sobre infraestructura vial, tiene origen en el incremento del gasto en reparaciones de vehículos de caserío San Francisco Las Lomas, por mal estado del camino que conduce hacia este, producto de faltar proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, esta problemática se ha percibido en los últimos cinco años y ha comprometido no solo la economía de los conductores regulares del camino sino su seguridad.

El aumento de gastos por reparaciones de vehículos, se refiere a que los vehículos en el caserío han sufrido un mayor deterioro en los últimos cinco años, por lo que los propietarios han debido acudir a los centros de servicio automotriz a repararlos con mayor frecuencia, por ende, los gastos tanto para el mantenimiento preventivo como correctivo se han incrementado, lo que ha perjudicado la economía de los dueños de medios de transporte terrestre automotriz.

Este efecto se ha percibido por mal estado del camino que conduce de aldea Estancia Grande y sirve de acceso al caserío San Francisco Las Lomas, 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 pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino de acceso al caserío, con el que se mejore su infraestructura y se optimice el tránsito vehicular.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que los profesionales de la municipalidad cuenten con una solución inmediata al problema encontrado y se logre contar con vías de acceso óptimas para el caserío.

### **Hipótesis.**

Se pudo establecer la hipótesis del problema como parte del trabajo de investigación en caserío San Francisco Las Lomas.

**Hipótesis causal.** “El aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”.

**Hipótesis interrogativa.** ¿Será la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido la causante del aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 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 gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

**Específico.**

Mejorar estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

**Justificación.**

Actualmente, en el caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, el promedio de gastos anuales por reparaciones de vehículos es de Q.316,164.40, esto equivale a un gasto total de Q.1,580,822.00 en los últimos cinco años, esto repercute en el bienestar económico de los habitantes del caserío, puesto que los costos de mantenimiento aumentan los costos de transporte y dificulta el desarrollo de la comunidad.

Con base a los datos de los últimos cinco años, se deduce que los gastos en reparaciones de vehículos se incrementan en un 6.5% al año, esto por el mal estado del camino de acceso a la comunidad, a causa de faltar un proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido.

Esta situación tenderá al aumento de los gastos en reparaciones vehiculares en los siguientes cinco años de no tomar medidas necesarias para contrarrestar la problemática, las proyecciones indican que los gastos serán de Q.463,260.30 solo en el año 2024.

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 mejore la circulación de vehículos y ofrezca mayor seguridad a los tripulantes, esto a su vez

reduciría el desgaste anormal que sufren actualmente los vehículos y promovería el desarrollo social de las comunidades que cuentan 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 que conduce al caserío San Francisco Las Lomas, y así reducir el gasto por reparaciones de vehículos en un 90% en los siguientes años, lo que implica un total de Q.132,196.96 para el año 2024.

### **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 del camino

que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Las técnicas utilizadas fueron:

- Observación directa. Esta se realizó directamente en el camino de la comunidad y en centros de servicio automotriz, lo que no solo permitió confirmar el estado precario de la vía, sino comprobar el alto costo que implica para los propietarios de vehículos el tránsito regular por esta misma; se investigó también sobre los principales problemas del camino de terracería, por último, las acciones implementadas por los profesionales municipales para darles solución.

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

- Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los elementos pertenecientes de los distintos talleres y profesionales de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática identificada.

Con la situación más clara sobre la problemática de mal estado del camino que conduce al caserío 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 aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante 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:

- Encuestas. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas proporcionaran la información requerida después de ser aplicada.
- Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, se decidió efectuar 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 15 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.**

Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, como Unidad Ejecutora y Se elabora anteproyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez.

### **Resultado 1.**

Para que esta unidad funcione debe contar con ambientes y personal siguiente: espacio físico, material y equipo, personal técnico y recursos financieros.

### **Resultado 2.**

Se tomará en cuenta todos los factores, procesos y normas de construcción para garantizar de esta forma la vida útil del mismo, dentro de estas algunas actividades importantes como: permisos legales, estudios técnicos, movimiento de tierra, colocación de carpeta de concreto y detalles finales.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se comprueba la hipótesis “el aumento de gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, durante los últimos 5 años, por mal estado de camino, se debe a la inexistencia de proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido”, con el 100 % de confianza y 0 % de error para ambas variables X y Y (causa y efecto).

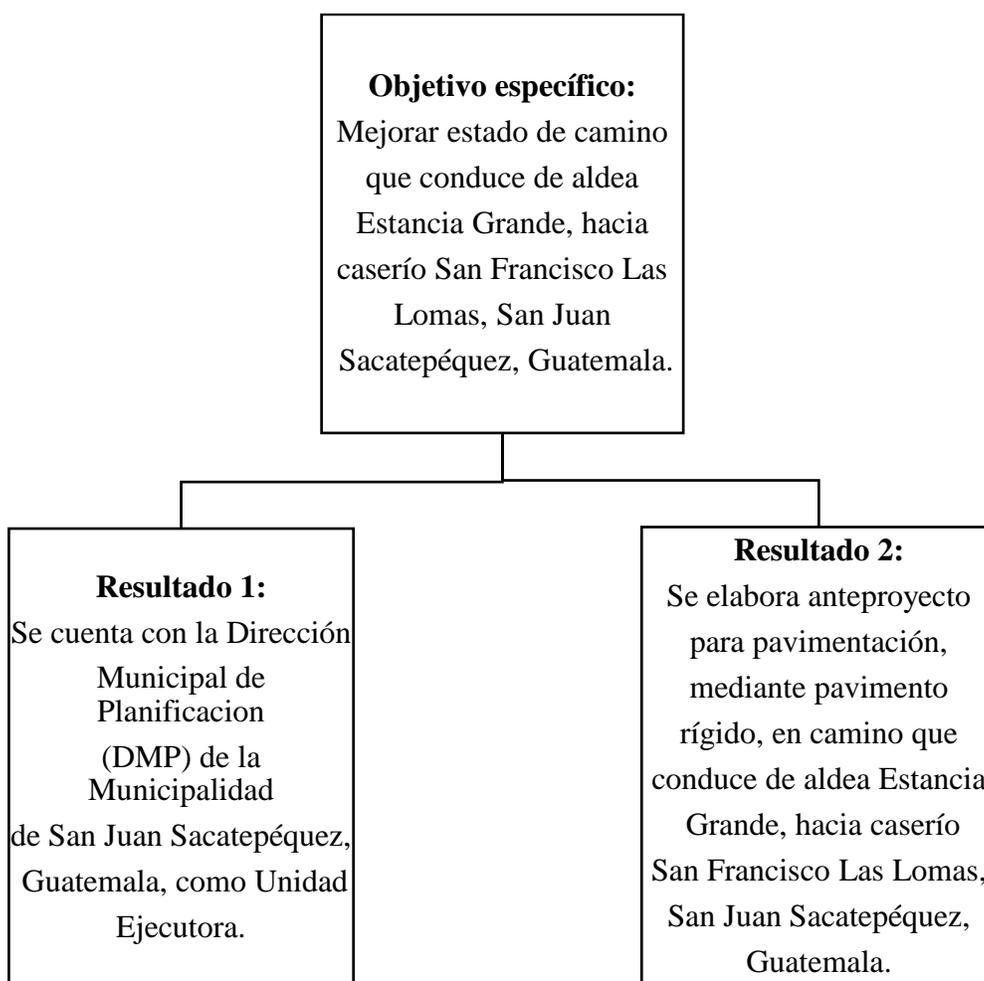
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la ejecución del proyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas.

## ANEXOS.

### Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La unidad ejecutora, a quien se designó sea la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, es la encargada de implementar el proyecto de pavimentación mediante pavimento rígido, con el objetivo de disminuir gastos por reparaciones de vehículos.

Por lo anterior, se presenta a continuación el diagrama de medios de solución.



**Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.**

**Actividad 1: Espacio físico.**

Es necesario contar con una oficina de 12 mts<sup>2</sup> la cual estará ubicada dentro de Dirección Municipal de Planificación, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

**Actividad 2: Material y equipo.**

3 escritorios tradicionales para oficina color negro de 1.2m.

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

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

3 computadoras de escritorio HP “Intel®Core™ i7-2600 con las características siguientes: memoria RAM 8 4GB, disco duro de 1.5TB (5.400RPM), 64 bit. Windows 10 y office 2010

1 impresora Epson L11800, impresión de formato ancho de hasta A3.

**Actividad 3: Personal técnico.**

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

Un técnico con el perfil siguiente: Perito o Bachiller en Dibujo Técnico.

Una secretaria con el perfil siguiente: Secretariado oficinista.

**Actividad 4: Recursos financieros.**

La Dirección de Administración Financiera Integrada Municipal (DAFIM), proporcionará los recursos necesarios al Departamento Municipal de Planificación (DMP) para la elaboración del proyecto para pavimentación.

**Resultado 2: Se elabora anteproyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.**

### **Actividad 1. Permisos legales**

Previo a iniciar los trabajos de pavimentación se debe obtener todos los permisos y licencias que le correspondan a la construcción de carretera, para este lugar únicamente se necesitan los siguientes permisos legales.

Acción 1. Solicitud de permisos locales a COCODES.

Solicitar por escrito el permiso para la construcción del proyecto, dirigido al Consejo Comunitario de Desarrollo COCODE de la aldea Estancia Grande y el caserío San Francisco las Lomas, el permiso que otorga el COCODE debe ser por escrito firmado y sellado por el presidente y junta directiva.

Acción 2: Permisos municipales.

Solicitar por escrito la licencia de construcción de carretera, la solicitud va dirigida al director de planificación, adjuntar 2 juegos de planos y su memoria de cálculo. Toda la documentación se entregará a la secretaria del departamento de planificación, la autorización de la licencia se obtiene aproximadamente de 1 a 2 meses.

Acción 3: Estudio de Impacto Ambiental.

Contratar a un consultor ambiental registrado en el MARN, el consultor realizará todo el trámite hasta obtener la licencia, deberá adjuntar solicitud por escrito dirigida al director del MARN, 2 juegos de planos y su memoria de cálculo, toda la

documentación se entregará en ventanilla única, la autorización de la licencia se obtiene aproximadamente de 4 a 6 meses.

## **Actividad 2. Estudios técnicos.**

Previo al diseño de la carretera se tienen que realizar algunos estudios importantes para determinar funcionalidad del proyecto y la adecuada movilización de los vehículos sobre la carretera.

Acción 1: Estudio de suelos.

- Realizar el ensayo de Límites de Atterberg norma A.A.S.H.T.O. T-89 y T-90, determinar el límite líquido y límite plástico.

Límite líquido: utilizar tamiz número 40, pasar el material extraído del campo a través del tamiz hasta obtener la cantidad de 200 g, mezclar 100 g de suelo en la cazuela de porcelana, añadir agua hasta que tenga consistencia suave y uniforme, luego colocar una porción de la muestra humectada en la copa Casagrande. Con el ranurador hacer una ranura en el eje de la muestra colocada en la copa Casagrande, colocar el contador del aparato de Casagrande en 0 y luego girar la manivela, levantar y dejar caer en la copa con velocidad de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de la muestra entren en contacto a distancia de 13mm.

Registrar el número de golpes requerido para cerrar la ranura, con la ayuda de una espátula, remover la porción central de la muestra en la unión de las dos mitades, colocar en un pesafiltro la porción de suelo removida y determinar el peso del suelo húmedo más el pesafiltro, retirar de la copa Casagrande el material sobrante y reunirlo con el resto de la muestra de suelo en la cazuela de porcelana, mezclar de nuevo la muestra en la cazuela de porcelana, agregar agua para aumentar la humedad y consecuentemente disminuir el número de golpes requerido para cerrar la ranura.

Límite plástico: colocar 25g de suelo y mezclarlo en la cazuela de porcelana, añadir agua hasta que obtenga consistencia en la cual la muestra puede ser enrollada sin

adherirse a la mano, formar una bola de 25mm de diámetro, dividir la bolita en dos partes, enrollar la mitad de la bolita entre la palma de la mano y la placa de vidrio, el cilindro del suelo deberá alcanzar 3mm de diámetro, si se agrieta antes de alcanzar los 3mm, volver a amasar y agregar agua para repetir el procedimiento, colocar en el pesafiltro 8g de suelo desmenuzado y determinar el peso del suelo húmedo más el pesafiltro, realizar el procedimiento con la otra mitad de la bolita.

- Realizar el ensayo de Razón Soporte California (CBR) Norma A.A.S.H.T.O. T-193, para evaluar la calidad del terreno para sub-rasante y sub-base del pavimento.

Utilizar 3 probetas, la primera probeta 10 golpes por capa, a la segunda probeta 25 golpes por capa y la tercera probeta 56 golpes por capa, utilizar moldes de 6" a humedad optima de ensayo de proctor modificado, sumergir las probetas en agua durante 4 días, luego medir la expansión, las probetas saturadas se cargan por punzonado en prensa, la velocidad de penetración será de 0.05" por minuto.

- Realizar ensayo de compactación, Proctor Estándar, norma A.A.S.H.T.O. T-99 y Proctor Modificado norma A.A.S.H.T.O. T-180.

Proctor Estándar: utilizar molde cilíndrico metálico con diámetro interno de 4" con capacidad de 944 cm<sup>3</sup>, compactar el suelo en tres porciones con 25 golpes cada porción, dejar caer el peso de 5.5 lb a una altura de 305 mm, para usar con suelo que pasa en tamiz número 4.

Proctor Modificado: utilizar molde cilíndrico metálico con diámetro interior 6" con capacidad de 2,124 cm<sup>3</sup>, compactar el suelo en cinco porciones con 25 golpes cada porción, dejar caer el peso de 10 lb a una altura de 457 mm, para usar con suelo que pasa en tamiz ¾". Compactar 5 capas de material dando 25 golpes por cada capa

Para cada porción compactada se obtiene la humedad de compactación y la densidad seca, realizar la gráfica con 5 o 6 puntos que definen la curva que relaciona la densidad seca con la humedad.

- Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo, norma ASTM D6913-04.

Lavar los áridos con agua luego secar, colocar el material dentro de la serie de tamices ensamblados en forma decreciente, agitar la columna manual o mecánica, pesar el material retenido en cada uno de los tamices, la suma de todos los pesos debe coincidir con el peso del material inicial, tomar este peso como 100 % para calcular los porcentajes de los pesos obtenidos en cada uno de los tamices y el fondo de recogida utilizados, con estos datos se obtiene una curva granulométrica que permitirá visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano de las partículas.

Acción 2. Estudio hidrológico.

Delimitar zonas de afección del proyecto, ubicar las proximidades de los cauces de ríos, arroyo u otras masas de agua, detallar situación geológica, climatológica y vegetación, coeficiente de escorrentía para el área local y datos de intensidad de precipitación, para este estudio se utilizará el método racional, con este método se alcanzará mejores resultados ya que se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía y caudales para drenajes de carreteras. Toda la información recopilada en campo se dejará escrita en una memoria descriptiva.

Acción 3: Estudio topográfico.

Utilizar el método de conservación de azimut en una poligonal abierta, tomar niveles por medio de la altimetría para definir las curvas de nivel, utilizar estación total y prisma o teodolito y estadal, plomada de centro, brújula, trípode de aluminio y cinta métrica tipo cruceta, referenciar postes de energía eléctrica, tragantes, tubería de

drenaje existente, talud y terraplén, realizar lectura en eje y laterales de la carretera a cada 20 m en línea recta y a cada 1 m en curvas, toda la información recopilada en campo se dejará escrita en una libreta topográfica.

Acción 4: Estudio de Tránsito Promedio Diario (TPD).

Establecer un punto donde se llevará a cabo el conteo de tránsito, realizar el conteo por cualquier método, con contadores digitales o manual, el conteo debe efectuarse en días típicos no fechas festivas o con eventualidades predominantes, realizar el conteo en ambas direcciones en horarios de 06:00 a 18:00 horas de lunes a domingo, luego dividirlo en 7 para obtener el tránsito promedio diario TPD.

En el TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte, excluir camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más, paneles, pick-ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, todos los datos se registrarán físicamente mediante una ficha o formulario según la clasificación de vehículos livianos, pick ups, camiones o transporte pesado según sus ejes.

### **Actividad 3. Movimiento de tierra.**

Acción 1: Trazo y nivelación.

Delimitar el espacio donde se va a construir, utilizar teodolito, trípode, estadal y cinta métrica, trazar los niveles de sub-rasante, sub-base, ancho de la carretera y porcentaje de pendiente, toda la información se encuentra en los planos, los responsables de ejecutar los instrumentos de medición serán el topógrafo su cadenero.

Acción 2: Corte y relleno.

Para corte: remover todos los materiales orgánicos susceptibles independientemente de su naturaleza y característica, extraer el material no clasificado de desperdicio y trasladarlo en botaderos determinados fuera de los límites de construcción, utilizar retroexcavadora y camión de volteo.

Para relleno: en lugares donde se necesita relleno, utilizar parte del material de corte, el residente de obra es el responsable de verificar si el material es adecuado para relleno.

#### Acción 3: Sub-rasante.

Escarificar el suelo natural 0.15 m, conformar la capa con el mismo material de corte o relleno y compactar por medio de un rodo vibro-compactador hasta obtener 95% de la densidad máxima determinada, de preferencia utilizar el método AASHTO T-180. Controlar la humedad en la sub-rasante para no ocasionar baches, si en algún lugar se origina bache se tendrá que escarificar y compactar nuevamente, verificar las causas que la originaron. Tomar en cuenta a que profundidad se encuentran los conductos subterráneos existentes, tubería de agua potable, drenajes y electricidad, esto con el fin de evitar su ruptura.

#### Acción 4: Capa sub-base.

Conformar la capa sub-base con material selecto, el espesor en ningún caso debe ser menor de 0.10 m ni mayor de 0.70 m, para el proyecto será de 0.15 m debidamente compactado hasta obtener 95% de la densidad máxima, extraer el material selecto en banco de material de préstamo previamente analizados y autorizados por el delegado residente.

Colocar referencias con alturas de acuerdo al diseño de la capa sub-base a cada 20 m en laterales y centro de la pista, para el llenado depositar el material selecto con camiones de volteo hasta formar promontorios dentro de la pista, luego extender el material con motoniveladora, mezclar el material homogéneamente hasta llenar la altura marcada en las referencias, realizar el chequeo de deflexiones por medio de la viga Benkelman AASHTO T-256, la deflexión permitida para capa de sub-base es de 2mm.

#### **Actividad 4. Colocación de carpeta de concreto**

Acción 1: Colocación de formaleta.

Colocar las formaletas encima de la sub-base sin dejar separación entre ellos, verificar nivel y altura de acuerdo al diseño, fijar la formaleta a la sub-base con pernos de acero, el espaciamiento máximo entre pernos es de 1 m para que soporten las operaciones de colocación y vibrado de concreto, limpiar y engrasar la formaleta en la parte interna. Las formaletas no pueden ser retiradas hasta después de transcurridas 12 horas de haber sido colocado el concreto, retirar la formaleta con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto.

Acción 2: Colocación de concreto.

Hidratar con agua la sub-base, colocar la losa de concreto de cemento Pórtland encima de la sub-base con camiones mixer a temperatura entre 32 °C a 35 °C, utilizar palas si necesita mover el concreto manualmente, no utilizar rastrillos para prevenir la segregación del concreto, instalar tuberías de agua potable, drenajes y electricidad, antes de colocar el concreto.

Utilizar vibrador de inmersión para liberar el aire atrapado y evitar la disminución de resistencia del mismo, utilizar un arrastre de metal para extender el concreto hasta quedar al nivel de la formaleta. El espesor de concreto será de 0.15 m con resistencia de 4,000 PSI a los 28 días sin usar acelerantes, la pendiente de bombeo será de 2 % en ambos lados, extraer 3 muestras por cada 60 m<sup>3</sup> de concreto.

Acción 3: Acabado, texturizado y ranurado del concreto.

El acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, eliminar imperfecciones en la superficie como los poros con el flotador de concreto, utilizar una llana en los filos longitudinales, texturizar y ranurar manualmente el concreto antes que pierda el brillo, utilizar rastrillos de cerdas metálicas planas con espacios no menor de 12 mm

ni mayor de 25 mm, las ranuras tendrán profundidad mínima de 3.2 mm y máxima de 6.4 mm.

Acción 4: Construcción de juntas transversales y longitudinales.

El espaciamiento máximo entre juntas será de 24 veces el espesor de la losa, las juntas se ejecutarán por aserrado, la profundidad del corte será de 1/3 del espesor de losa, el ancho del corte será de 1/10 de la profundidad del corte, el sello de juntas será de 1/5 de la profundidad de la junta. Para el sello de la junta se utilizará sellador vertido en caliente tipo elástico. Verificar que las juntas coincidan con la separación de carriles y nunca con la zona de rodadura.

#### **Actividad 6: Detalles finales.**

Acción 1: tratamiento del concreto.

Proteger el concreto de cualquier golpe, rociar con agua toda la superficie del concreto hasta que los poros capilares en la pasta fresca se llenen con los productos del cemento, la hidratación debe ser de 7 días como mínimo después de haber colocado el concreto, durante el tratamiento mantener el concreto a temperatura entre 10 °C a 13 °C, esto con el fin de alcanzar mejor resistencia en el concreto.

Acción 2: Construcción de cunetas y bordillos.

Conformar y compactar la superficie, hidratar con agua la sub-base, colocar el concreto de cemento Pórtland con camiones mixer a temperatura entre 32 °C a 35 °C, el espesor de concreto será de 0.10 m con resistencia de 3,000 PSI a los 28 días sin usar acelerantes, extraer 3 muestras por cada 60 m<sup>3</sup> de concreto, el tipo de cuneta y las dimensiones estarán indicadas en los planos o como ordene el delegado residente según el sitio, el bordillo tendrá espesor de 0.10 m por 0.25 m, no se necesita acabado especial puede quedar con el rustico que deja la formaleta.

Acción 3: Construcción de transversales.

Las paredes de la zanja deben quedar lo más verticales que sea posible desde la cimentación hasta por lo menos la corona del tubo, llenar las zanjas inmediatamente después de colocar la tubería para no ocasionarle ningún daño, el recubrimiento mínimo en vertical no será menor de 0.60 m desde la corona del tubo hasta el nivel de la sub-base, el ancho de la zanja será el diámetro externo más 0.60 m o según sea el caso.

Colocar los tubos con el porcentaje de pendiente que se indica en los planos, colocar en posición que la marca del eje longitudinal hecha en fábrica no se desplace más de 5 grados, compactar simultáneamente en ambos lados de la tubería en capas que no excedan de 0.15 m de espesor para que no se produzcan presiones desiguales, la tubería debe ser de metal corrugado con diámetro mínimo de 24””.

Acción 4. Construcción de cajas y cabezales.

Construir los cabezales de entrada y salida según las especificaciones, dimensiones y el tipo de material a utilizar estarán indicadas en los planos, algunas dimensiones podrían ajustarse en campo sin ningún inconveniente siempre que lo autorice el delegado residente.

Acción 5: Señalización, limpieza.

Limpiar los residuos de concreto, desechos orgánicos e inorgánicos en la superficie de rodamiento, cunetas y tuberías. Para señalización horizontal utilizar pintura de tráfico color amarillo el centro y laterales, el ancho máximo de la línea 0.10 m, para señalización vertical colocar señal preventiva de maneje con precaución 50 m antes de entrar al caserío y 50 m antes de llegar a la escuela primaria.

**Anexo 2. Matriz de la estructura lógica.**

Componentes	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
<p><b>Objetivo general:</b> Disminuir gastos por reparaciones de vehículos en caserío San Francisco Las Lomas, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los gastos por reparaciones de vehículos en el área de estudio y se soluciona la problemática identificada en el efecto, en 90%.</p>	<p>Encuestas a personeros de Centros de Servicio Automotriz; encuestas a conductores.</p>	<p>La unidad ejecutora, enlaza esfuerzos con los Centros de Servicio Automotriz para implementar la campaña de mantenimiento preventivo de vehículos dirigida a conductores del área en estudio.</p> <p>Cooperantes: Centros de Servicio Automotriz del área en estudio</p>
<p><b>Objetivo específico:</b> Mejorar estado de camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.</p>	<p>Al primer año de ejecutada la propuesta, se cuenta con carretera en buen estado físico y adecuado para su uso, con lo que se soluciona la problemática</p>	<p>Reportes de la unidad ejecutora, encuestas a personeros de Centros de Servicio Automotriz; encuestas a conductores, fotografías y videos del</p>	<p>La unidad ejecutora, implementa el programa de mantenimiento preventivo semestral a la nueva carretera para evitar su deterioro.</p>

	identificada en el problema central, en 90%.	producto final.	
<b>Resultado 1:</b> Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, como Unidad Ejecutora.			
<b>Resultado 2:</b> Se elabora anteproyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.			

Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

### Anexo 3. Presupuesto.

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

No. Resultado	Descripción	Costo unitario	Total
1	Unidad Ejecutora Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	Q. 52,810.35	
2	Anteproyecto para pavimentación, mediante pavimento rígido, en camino que conduce de aldea Estancia Grande, hacia caserío San Francisco Las Lomas, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.	Q. 7,127,129,.67	
Total, de la propuesta			Q7,179,940.02

#### **Anexo 4. Otros anexos:**

##### **Anexo 4.1. Memoria de cálculo**

#### **Descripción de la carretera.**

- Longitud de la carretera = 2,148.89 m.
- Ancho de calzada = 6.20 m.
- Ancho de cunetas = 0.50 m.
- Dimensión de bordillos = 0.15 m x 0.10 m.

#### **Especificaciones específicas para la carretera.**

- Transito Promedio Diario (TPD) obtenido en campo = 116 vehículos por día.
- TPD de 100 A 500, carretera rural tipo E, por su característica según la D.G.C.
- Velocidad de diseño: 30 km/h debido a que el terreno va de ondulada a montañosa.
- Pendiente máxima de 10 %.
- Radio mínimo de 30 metros.
- Longitud mínima de curvas verticales se determina según el valor de K. Tener en cuenta la seguridad de la carretera de forma razonable según lo requiera el sitio.

### Cálculo del espesor de sub-rasante.

- Se determina el valor K para cuatro tipos de suelo en la tabla 1.

**Tabla 1. Tipos de suelo de suelo de sub-rasante y valores aproximados de K.**

Tipos de suelos	Soporte	Rango de Valores de K
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre	Alto	180 - 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: (Packard, 1984).

- Según los resultados obtenidos del laboratorio se encontró el tipo de suelo arenoso con cantidad considerable de limos y grava. Se determina que el suelo es de soporte medio y se encuentra entre el rango de 130—170 PSI.

Tener en cuenta que las variaciones de este valor no afectan considerablemente el espesor del pavimento así que no es necesaria su determinación exacta.

Para este tipo de suelo se utiliza un valor considerable  $K = 140$  PSI.

- Seguidamente se identifica la categoría de la carretera según la clasificación de vehículos y TPD en la tabla II.

**Tabla 2. Categorías de carga por eje.**

Carga por eje de categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje kps	
		TPD	TPDC		Eje domicilio	Eje tándem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias(bajo a medio)	200 a 800	% 1-3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias(alta) carreteras primarias y calles artesanales(bajo)	700 a 5000	5-18	De 40 a 100	26	40
3	Calles artesanales, carreteras primarias (medio), súper carreteras e interestatales urbanas y rurales (bajo medio)	3000-12000 (2carriles), 3000-50000	8-30	De 500 a 5000	34	60
4	Calles artesanales, carreteras primarias, súper carreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto).	3000 a 20000(2 carriles) 3000-15000 (4 carriles)	8-30	De 1500 a 8000	34	60

Fuente: (Packard, 1984).

Se consideró más de 200 vehículos para 20 años, de las cuales se tomó el porcentaje de 3% del TPDC en ambas direcciones, la identificación de la carretera es de categoría 1 ya que está ubicada en área rural.

$$3\% \times 200 = 6'' = \text{Espesor} = 0.1524 \text{ m}$$

**Cálculo del espesor de sub-base.**

- Se determina la altura de sub-base en tabla III de valores de K para diseño sobre sub-base no tratada.

**Tabla III. Valores K de diseño para sub-base no tratada.**

SUBRASANTE VALORES DE K PSI	SUB – BASE VALORES DE K PSI			
	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: (Packard, 1984).

Como la sub-base no necesita tratamiento y la sub-rasante tiene un valor K igual de 140 PSI, el espesor de la sub-base es medio ya que la sub-rasante tiene soporte medio. Por lo tanto, se determina:

$$\text{Espesor} = 6" = \text{Espesor} = 0.1524 \text{ m}$$

#### **Cálculo de módulo de ruptura del concreto.**

- Se calcula  $M_r$  del concreto, se toma un porcentaje de la resistencia a compresión la cual es de 15%  $f'_c$ .
- Se tiene un valor de 4,000 PSI.

$$M_r = 15\%(4,000\text{PSI}) = 600\text{PSI}$$

#### **Cálculos para espesor de la carpeta de rodadura.**

Con la característica de soporte medio que tiene la sub-rasante y el módulo de ruptura que es de 600 PSI, se determina el espesor de la carpeta de rodadura. Se utilizó el método simplificado de la PCA.

- Se determina el espesor en el lado derecho por incluir bordillo en la tabla IV de pavimento con juntas y agregados de trave.

**Tabla IV. Valores de pavimento con juntas y agregados de trave.**

MR	Espesor de losa Pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo				Espesor de losa Pulg.	Con hombros de concreto o bordillo			
		Soporte Subrasante-		Sub-base			Soporte Subrasante-		Sub-base	
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
650 PSI	5.5				5			3	9	42
	6		4	12	59	6	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6.5	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	7	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7.5	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	15	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: (Packard, 1984).

Se determina que el espesor en encuentra entre 6" y 6.5".

$$\text{Espesor de 6" = 0.1524 m}$$

$$\text{Espesor de 6.5"=0.1651 m}$$

Se puede construir con cualquiera de los dos datos ya que los dos están en el rango correcto, para este proyecto utiliza espesor de 0.15 m.

### **Determinación de porcentaje de pendiente para agua pluvial.**

La Pendiente es por bombeo que va de la corona en el eje hacia las tangentes del alineamiento horizontal para escurrir el agua superficial.

**Tabla V. Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie.**

Tipo de Superficie		Bombeo
Muy buena	Concreto	1 - 2%
Buena	Mezcla asfáltica	1.5 - 3%
Regular	Adoquín	2 - 2.5%
Mala	Tierra o grava	2.5 - 3%

Fuente: (Ordoñez, 2006).

Por el tipo de carretera y la carpeta de rodadura de concreto se determina el bombeo de 2 % hacia ambos lados.

### **Cálculo de juntas de contracción y expansión.**

- El espaciamiento máximo entre juntas 24 veces el espesor de la losa.

$$24 \times 0.15 \text{ m} = 3.60 \text{ m}$$

- Profundidad de corte 1/3 del espesor de losa.

$$1/3 \times 0.15 \text{ m} = 0.05 \text{ m} = 0.05\text{m} \times 100 = 5 \text{ cm.}$$

- El ancho del corte 1/10 de la profundidad del corte.

$$1/10 \times 0.05 \text{ m} = 0.005 \text{ m} = 0.005\text{m} \times 100 = 0.50 \text{ cm.}$$

- Altura de sello de juntas 1/5 de la profundidad del corte.

$$1/5 \times 0.05 \text{ m} = 0.01 \text{ m} = 0.01\text{m} \times 100 = 1 \text{ cm}$$

### Cálculo de curva horizontal estación 1+140.

- Cálculo de deflexión angular ( $\Delta$ ):

$$(\text{Azimut } 2 - \text{Azimut } 1) = (201^\circ 19' 3.63 - 159^\circ 27' 22.02) = 41^\circ 51' 41.61''$$

- Cálculo de grado de curvatura (G):

$$G = \frac{1,145.9156}{R} \quad G = \frac{1,145.9156}{35.81} = 32^\circ$$

- Cálculo de longitud de curva (LC):

$$LC = \frac{(20)\Delta}{G} \quad LC = \frac{(20)41^\circ 51' 41.61''}{32^\circ} = 26.16 \text{ m}$$

- Cálculo de sub-tangente (St):

$$St = R \left( \tan \frac{\Delta}{2} \right) \quad St = 35.81 \left( \tan \frac{41^\circ 51' 41.61''}{2} \right) = 13.70 \text{ m}$$

- Cálculo de cuerda máxima (CM):

$$CM = (2)(R) \left( \sin \frac{\Delta}{2} \right) \quad CM = (2)(35.81) \left( \sin \frac{41^\circ 51' 41.61''}{2} \right) = 25.59 \text{ m}$$

- Cálculo ordenada media (OM):

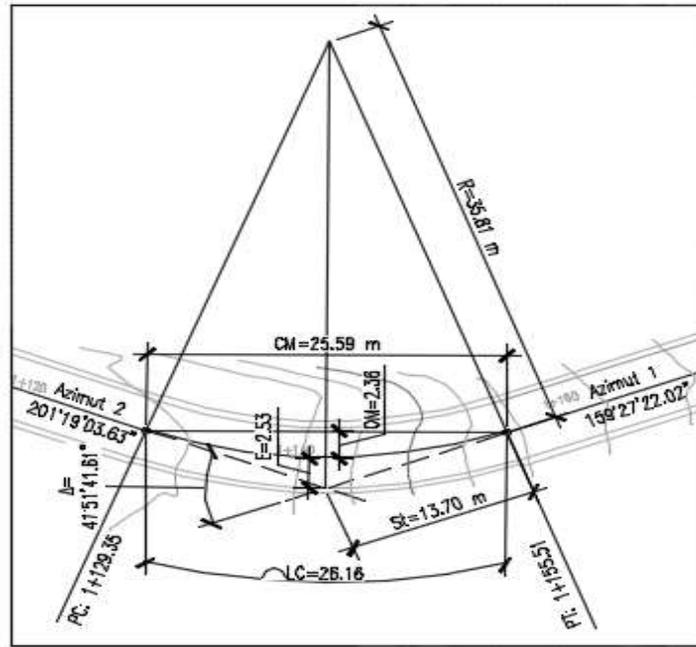
$$OM = R \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad OM = 35.81 \left( 1 - \cos \frac{41^\circ 51' 41.61''}{2} \right) = 2.36 \text{ m}$$

- Cálculo de External (E):

$$E = \frac{OM}{\cos \frac{\Delta}{2}} \quad E = \frac{2.36}{\cos \frac{41^\circ 51' 41.61''}{2}} = 2.53 \text{ m}$$

Resultado final mostrada en figura 1.

**Figura 1. Datos que componen la curva horizontal.**

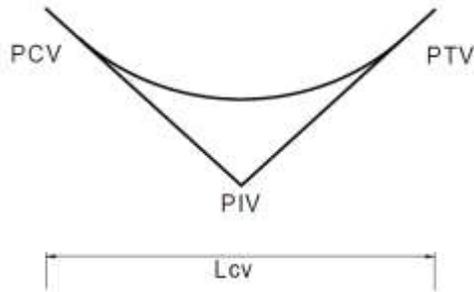


Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

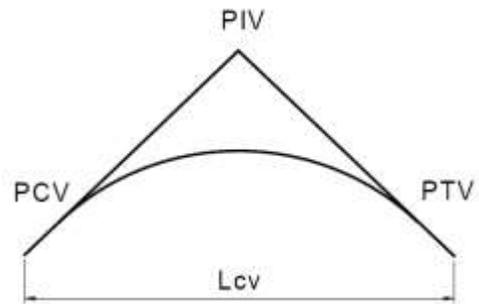
**Cálculo de la curva vertical estación 1+540.**

$$L=(K)(A)$$

Curva vertical cóncava.



Curva vertical convexa.



Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje (%).

$$A=(\%PE)-(\%PS) \quad A=(-4.85\%) -(-11.63\%)=6.78\%$$

K = Parámetro de la curva vertical, cuyo valor mínimo se especifica en la tabla VI, en este caso se utiliza el valor de 2 porque es una curva convexa.

**Tabla VI. Valores de K según el tipo de curva.**

VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H.	VALOR DE K SEGÚN TIPO DE CURVA	
	CÓNCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	22	29
90	29	43
100	36	60

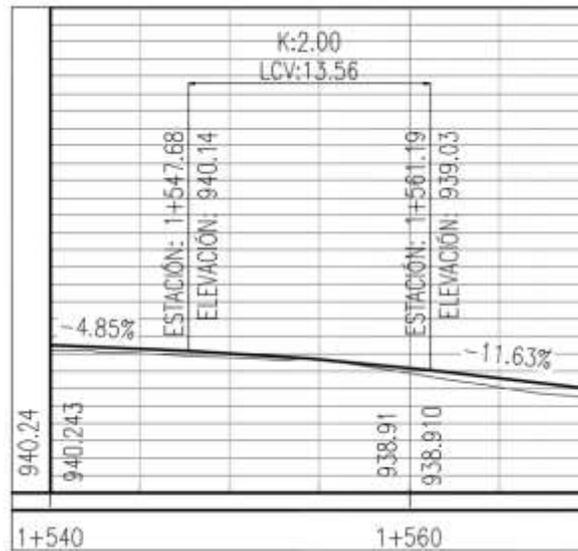
Fuente: (Garcia, 2010).

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros y se calcula con la formula siguiente.

$$L=(K)(A) \quad L=(2)(6.78) =13.56 \text{ m}$$

Resultado final mostrada en la figura 2.

**Figura 2. Datos que componen la curva vertical.**

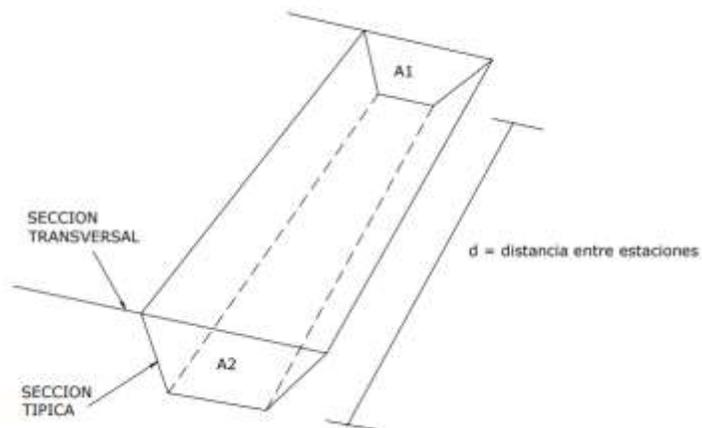


Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Cálculo de movimiento de tierras.**

Cada una de las áreas calculadas constituye un lado de un prisma de terreno que debe llenarse o cortarse, el terreno se comporta uniformemente entre las dos estaciones.

**Figura 3. Indica los elementos a calcular.**



Fuente: (Garcia, 2010).

$$V = \frac{(A1+A2)d}{2} \quad LC = \frac{(0.78+0.78)20}{2} = 15.16 \text{ m}^3$$

Donde:

A1 = Área de la primera estación

A2 = Área de la segunda estación

d = distancia entre las dos áreas

#### **Cálculo de caudal de escorrentía.**

Q = caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/seg).

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Cálculo de C = coeficiente de escorrentía (adimensional).

0.85 adimensional

Cálculo de I = intensidad de lluvia, en milímetros por hora (mm/h).

$$Q = \frac{4,604}{(12+24)} = 127.888 \text{ mm/h}$$

A = área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10,000 m<sup>2</sup>).

$$Q = \frac{2,028 \text{ m}^2}{10,000 \text{ Ha}} = 0.2028 \text{ Ha}$$

$$Q = \frac{0.85 \times 127.888 \text{ mm/h} \times 0.2028 \text{ m}^2}{360} = 0.0612 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$A1 = \frac{Q}{V_{sc1}} = \frac{0.0612 \frac{m^3}{s}}{2.014 \frac{m}{s}} = 0.03 \text{ m}^2$$

$$A2 = \frac{Q}{V_{sc2}} = \frac{0.0612 \frac{m^3}{s}}{3.25 \frac{m}{s}} = 0.018 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{A1 + A2}{2} = \frac{0.03 \text{ m}^2 + 0.018 \text{ m}^2}{2} = 0.024 \text{ m}^2$$

Se necesita una cuneta con área = 0.024 m<sup>2</sup>

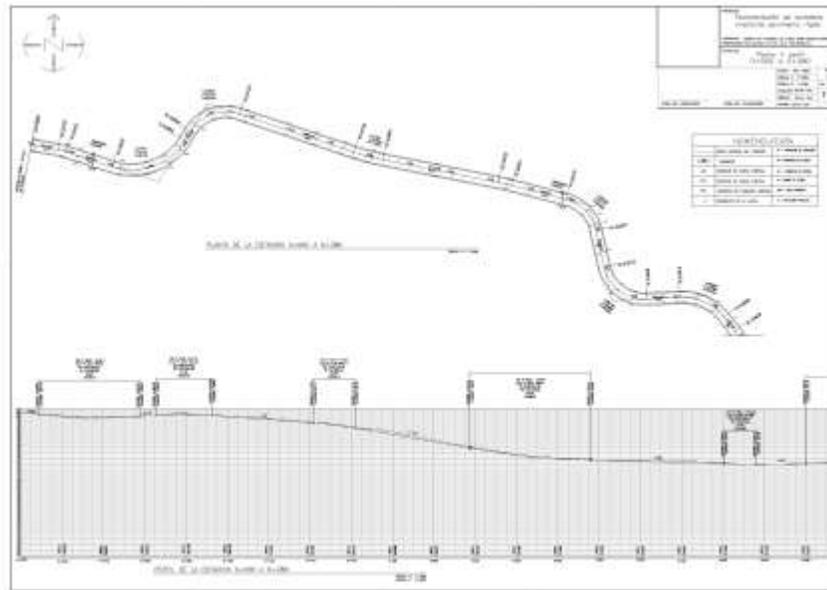
### **Análisis de resultados del laboratorio de suelos.**

Con base a los ensayos realizados, se determinó que el suelo estudiado tiene ciertas características, las cuales se muestran en el resumen siguiente:

- Descripción del suelo: arena limosa con grava color café oscuro.
- Límites de Atterberg: líquido = 30.3 %, plástico = 51 %.
- C.B.R. al 100.2 % de compactación es de 27.57 % aproximadamente.
- Proctor = densidad seca máxima = 115.48 lb / pie<sup>3</sup>, humedad óptima = 11.70%.
- Granulometría = grava 23.90 %, arena 50.99%, finos 25.21%.

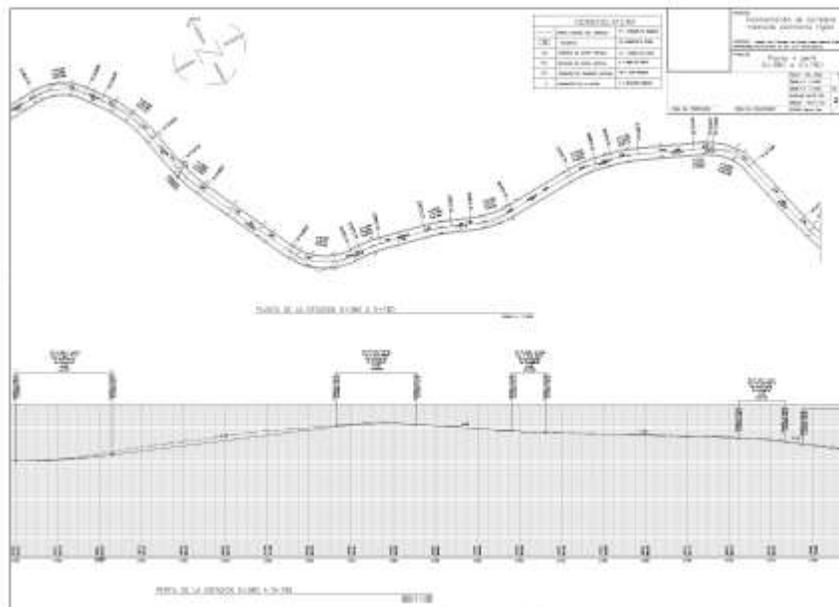
**Anexo 4.2. Planos de la carretera.**

**Plano 1. Planta + perfil estación 0+000 a 0+380.**



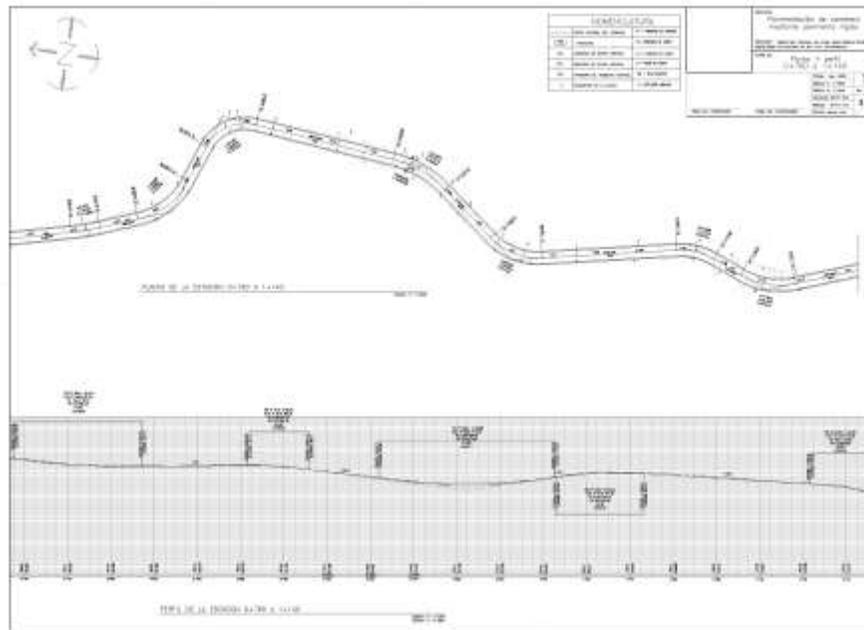
Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Plano 2. Planta + perfil estación 0+380 a 0+760.**



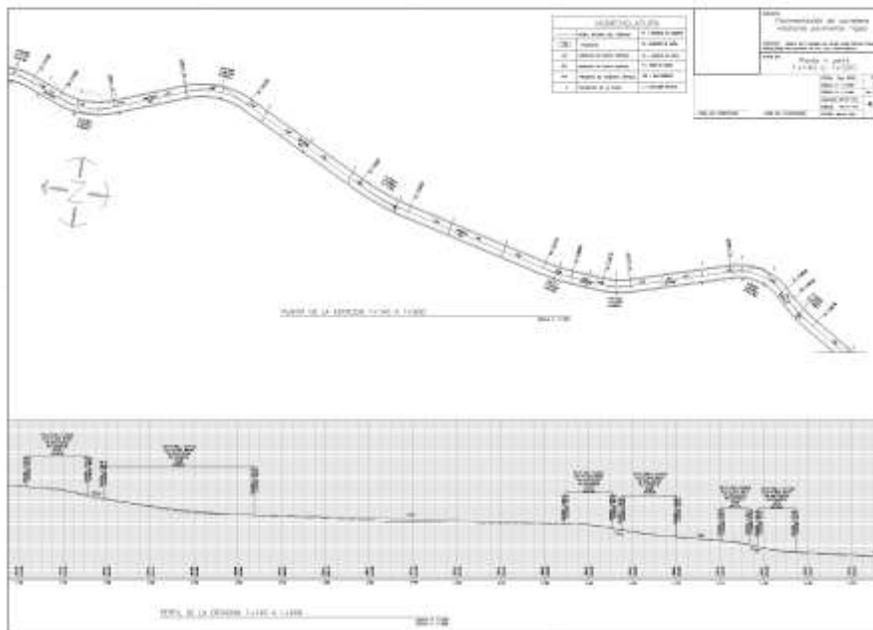
Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Plano 3. Planta + perfil estación 0+760 a 1+140.**



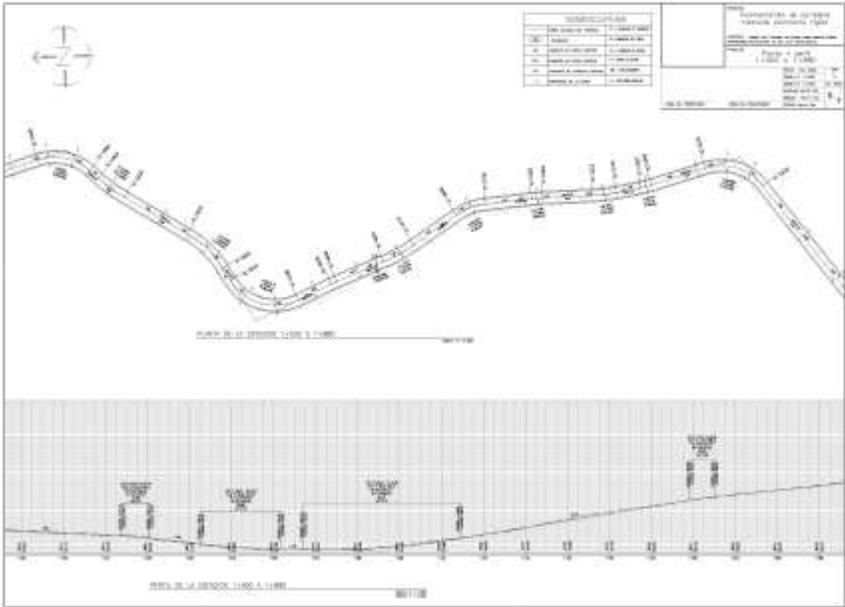
Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Plano 4. Planta + perfil estación 1+140 a 1+500.**



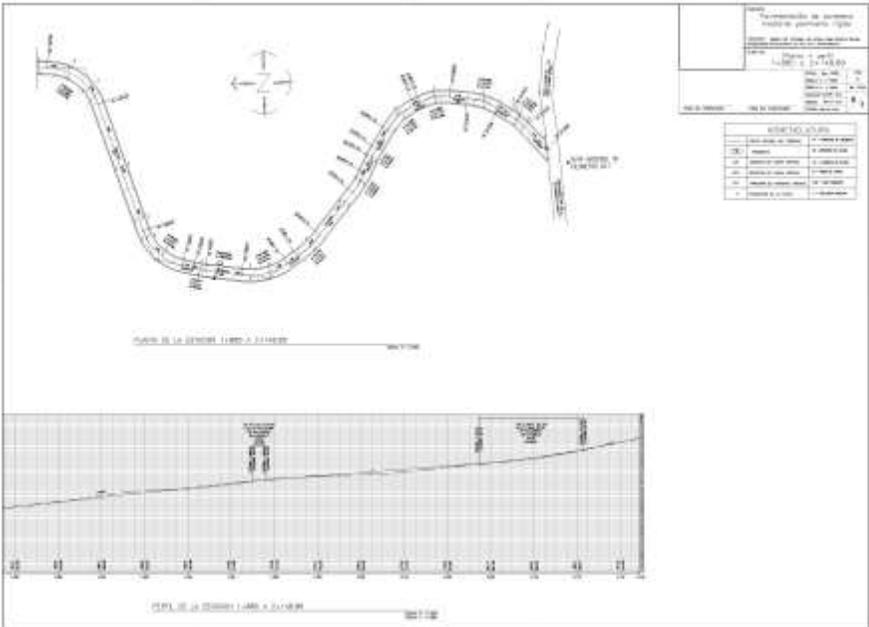
Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Plano 5. Planta + perfil estación 1+500 a 1+880.**



Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.

**Plano 6. Planta + perfil estación 1+880 a 2+114.89.**





### Anexo 4.3. Estudios realizados.

#### Libreta topográfica

Punto	Y	X	Z	Descripción
1	1000	1000	1000	E
2	1007.268	975.101	1002.395	Inicio
3	1004.292	974.794	1002.352	Lc
4	1001.341	974.478	1002.214	Inicio
5	998.506	988.317	1000.383	Po
6	259.1114	1594.2431	958.3576	Lc
7	1004.45	991.244	1000.542	Po
8	1002.479	997.718	1000.254	Po
9	94.2402	1573.9121	948.6745	Lc
10	995.119	994.88	999.947	Po
11	992.4625	1004.1347	999.596	Tragantes
12	999.91	1006.3342	999.483	Tragantes
13	993.4614	1041.1531	1000.25	Po
14	996.9757	1017.374	999.858	Po
15	210.7498	1577.7987	956.95	Lc
16	989.7527	1016.372	999.962	Po
17	994.891	1043.007	1001.231	E
18	990.3922	1030.2672	1000.305	Poste
19	185.1673	1571.492	956.55	Lc
20	996.329	1028.996	1000.407	Po
21	999.148	1037.933	1000.992	Po
22	22.8847	1547.5236	940.7136	Lc
23	990.1729	1029.6214	999.799	Po
24	1004.173	1044.522	1001.768	Po
25	210.0394	1580.6684	956.836	Po
26	999.961	1048.62	1001.636	Poste
27	1015.01	1051.6	1001.114	Po
28	184.477	1574.4119	956.456	Po
29	1011.971	1056.695	1000.901	Po

30	1023.119	1062.613	1000.413	E
31	1016.945	1061.841	1000.219	Po
32	1022.585	1058.035	1000.632	Po
33	63.8677	1577.2657	943.1	Lc
34	589.9971	1643.5864	976.5278	Po
35	1018.008	1069.272	999.893	Po
36	1023.457	1070.029	1000.078	Po
37	-70.3411	1517.4674	933.367	Po
38	1021.398	1078.208	999.84	Po
39	1000.3992	1123.157	994.28	Po
40	999.7803	1048.4622	1001.768	Po
41	1015.75	1076.751	999.384	Po
42	1009.506	1096.631	997.585	Poste
43	1015.035	1097.826	997.854	Po
44	781.0212	1427.17	993.55	Po
45	1010.787	1112.085	996.36	Po
46	1004.74	1110.215	996.331	Po
47	910.1899	1320.9301	977.75	Po
48	1000.059	1128.49	994.282	E
49	1005.9844	1126.1258	994.309	Po
50	774.6104	1523.6696	989.4	Po
51	997.924	1130.055	993.726	Entrada
52	995.829	1136.378	993.052	Entrada
53	1001.663	1139.415	992.925	Po
54	777.2291	1513.2268	989.8	Po
55	988.855	1168.826	986.54	Po
56	994.72	1169.925	986.633	Po
57	931.7654	1253.9582	978.3	Po
58	987.262	1204.886	980.459	Po
59	746.07	1566.5851	987.7	Po
60	983.096	1203.339	980.479	Po
61	973.996	1244.229	978.969	E
62	974.214	1235.428	978.933	Tragantes
63	979.413	1237.349	979.053	Tragantes
64	970.121	1240.518	978.672	Po
65	417.1834	1622.1228	975	Po

66	974.249	1245.817	978.927	Po
67	965.023	1244.384	978.576	Po
68	966.7874	1251.37	978.87	Po
69	524.7569	1621.1394	974.4	Po
70	952.933	1253.413	978.707	Po
71	931.615	1256.406	978.387	E
72	970.82	1248.947	978.837	Poste
73	388.2627	1602.0102	972.55	Po
74	950.656	1248.332	978.515	Po
75	936.121	1259.721	977.722	Po
76	925.943	1263.747	977.723	Po
77	-378.6732	1520.9655	975.5	Po
78	-376.2486	1522.9039	975.35	Lc
79	931.5008	1254.088	978.28	Poste
80	932.557	1265.788	977.281	Po
81	927.015	1279.917	976.574	Po
82	927.787	1286.198	976.684	Po
83	932.109	1281.302	976.877	Po
84	657.426	1608.4555	982.23	Pe
85	928.159	1302.466	976.828	E
86	932.514	1289.378	976.891	Poste
87	589.6202	1639.802	976.6	Lc
88	927.623	1289.603	976.808	Po
89	926.18	1294.871	976.653	Po
90	931.153	1296.582	976.816	Po
91	927.806	1306.299	976.771	Po
92	923.0145	1302.9564	976.748	Po
93	302.0846	1615.9041	960.5866	Lc
94	387.8142	1607.4975	972.6155	Lc
95	910.4	1320.639	977.974	Poste
96	906.714	1316.444	977.687	Po
97	906.138	1322.508	978.49	E
98	919.503	1313.747	977.148	Po
99	915.329	1309.896	977.186	Po
100	840.406	1347.642	988.287	Po
101	899.396	1320.526	978.772	Po

102	901.67	1325.533	979.016	Po
103	886.234	1331.631	981.347	Po
104	884.977	1324.931	981.271	Po
105	842.242	1341.023	987.736	E
106	866.69	1329.44	984.01	Po
107	868.746	1335.219	984.161	Po
108	853.004	1334.21	986.163	Po
109	855.408	1339.968	986.136	Po
110	825.404	1355.316	990.438	Po
111	821.569	1349.254	990.545	Po
112	805.236	1358.163	992.248	Po
113	809.087	1362.939	992.018	Po
114	795.57	1368.27	993.468	E
115	797.364	1363.707	992.983	Po
116	817.267	1351.381	991.059	Po
117	802.145	1368.606	992.762	Po
118	820.044	1357.066	991.053	Po
119	806.62	1364.656	992.325	Po
120	803.23	1359.786	992.444	Po
121	790.069	1374.157	994.022	Po
122	797.195	1376.899	993.688	Po
123	795.098	1396.546	995.883	Poste
124	787.099	1394.7	995.822	Po
125	792.56	1399.231	995.841	E
126	781.1	1426.935	993.564	Poste
127	786.248	1429.154	993.679	Po
128	779.395	1447.781	992.125	Po
129	773.81	1446.643	992.315	Po
130	774.306	1452.026	991.678	E
131	771.806	1454.208	990.635	Po
132	770.585	1460.218	990.97	Po
133	777.9	1460.437	990.849	Po
134	778.986	1491.813	990.282	Po
135	773.176	1492.657	990.148	Po
136	775.043	1518.426	989.692	E
137	777.244	1513.339	989.822	Poste

138	778.192	1466.039	990.662	Poste
139	771.296	1512.251	989.671	Po
140	774.691	1523.548	989.423	Poste
141	768.692	1521.69	989.415	Po
142	763.377	1536.731	988.902	Po
143	768.914	1538.508	989.154	Po
144	747.107	1571.457	987.789	E
145	755.138	1554.47	988.581	Po
146	760.2683	1557.4748	988.518	Po
147	589.8089	1636.0561	976.5	Po
148	750.817	1571.463	988.213	Entrada
149	746.905	1573.244	987.946	Entrada
150	746.463	1566.159	987.7	Poste
151	697.022	1580.562	981.916	Pe
152	699.0827	1583.7322	981.941	Pe
153	665.699	1594.143	981.84	E
154	701.284	1586.724	982.061	Pe
155	670.447	1599.431	981.982	Pe
156	667.344	1592.14	981.829	Pe
157	654.682	1606.703	982.249	Pe
158	660.17	1610.208	982.212	Pe
159	639.513	1644.251	982.152	E
160	646.413	1629.039	982.196	Po
161	651.791	1632.03	982.243	Po
162	639.816	1637.495	982.104	Po
163	645.135	1642.257	982.231	Po
164	637.708	1646.569	982.097	Po
165	641.395	1645.622	982.3	Poste
166	634.631	1640.159	981.883	Po
167	620.888	1639.277	979.898	Po
168	619.6444	1645.8945	979.864	Po
169	558.581	1638.952	973.234	E
170	561.574	1633.13	973.083	Po
171	584.3057	1645.2917	975.588	Poste
172	558.78	1641.156	973.015	Po
173	549.894	1640.478	972.34	Po

174	552.783	1629.385	972.807	Po
175	539.274	1623.368	973.156	Po
176	534.39	1629.838	972.778	Po
177	524.958	1621.525	974.352	Poste
178	497.274	1605.76	978.587	E
179	529.936	1615.908	974.386	Po
180	510.623	1602.348	977.897	Po
181	507.697	1609.767	977.439	Po
182	497.636	1599.234	978.918	Po
183	495.871	1607.235	978.69	Po
184	493.441	1599.027	978.93	Poste
185	472.4235	1602.871	978.555	Po
186	473.3645	1609.307	978.425	Po
187	445.8921	1614.2733	976.451	E
188	417.7668	1622.4677	975.08	Poste
189	445.837	1607.5851	976.8095	Po
190	419.2505	1612.2993	975.064	Po
191	445.5657	1615.8874	976.7525	Po
192	406.4275	1607.7822	973.887	Po
193	401.6723	1616.7033	973.086	Po
194	397.5129	1600.086	972.838	E
195	389.0011	1602.2177	972.515	Poste
196	386.6273	1612.7773	972.716	Po
197	368.0412	1605.7449	967.778	Po
198	371.3677	1613.8249	967.714	Po
199	340.775	1623.9965	962.891	Po
200	338.9173	1617.8186	962.777	Po
201	322.0653	1624.8889	961.449	E
202	323.4467	1619.3551	961.258	Po
203	303.3032	1612.549	960.4	Po
204	300.866	1619.2591	960.7732	Po
205	323.3357	1627.4726	961.959	Po
206	257.1447	1593.0867	958.155	E
207	235.6017	1586.9249	957.216	Po
208	237.0257	1580.8789	957.197	C
209	162.0933	1567.8317	956.46	E

210	160.5525	1561.4564	956.573	Po
211	211.349	1574.856	956.9823	Po
212	158.9147	1568.1554	956.076	Po
213	144.631	1566.7481	953.5	Po
214	185.8836	1568.517	956.769	Po
215	145.4318	1559.9363	953.605	Po
216	133.1845	1560.3315	951.443	E
217	132.8191	1567.4202	951.623	Po
218	131.4707	1558.9299	951.119	Po
219	94.9905	1578.4995	948.849	Po
220	93.4899	1569.3246	948.5	Po
221	75.4532	1582.3873	944.266	E
222	75.4536	1574.0527	943.797	Po
223	77.4148	1583.7848	944.384	Po
224	62.2962	1581.0501	943.213	Po
225	65.4832	1573.3752	942.977	Po
226	1.5322	1538.0068	939.849	E
227	4.1668	1530.7181	939.462	Po
228	-0.8066	1536.3093	939.807	Po
229	-14.9546	1503.4589	935.676	E
230	-18.9998	1512.9199	935.371	Po
231	-13.2279	1506.4533	935.481	Po
232	-55.9435	1507.0156	931.333	E
233	-29.9315	1508.462	933.716	Po
234	-30.5532	1500.9367	933.899	Po
235	-133.7575	1544.9482	938.406	E
236	-91.2151	1526.2438	933.101	Po
237	-87.8247	1530.9184	933.283	Po
238	-122.4974	1552.8319	937.739	Po
239	-125.7842	1546.2084	938.225	Po
240	-156.0587	1550.2981	942.795	Po
241	-155.677	1555.9547	942.697	Po
242	-182.873	1555.8615	948.658	E
243	-186.9703	1557.0578	949.433	Po
244	-188.7974	1551.0578	949.045	Po
245	-208.5025	1554.172	952.59	Po

246	-207.5382	1560.5582	952.35	Po
247	-258.6493	1565.1106	959.586	E
248	-233.1582	1561.1492	955.532	Po
249	-231.4033	1566.8527	955.866	Po
250	-247.2396	1570.9649	958.302	Po
251	-246.6337	1562.6761	958.046	Po
252	-254.9013	1558.928	959.376	Po
253	-260.2865	1565.5872	959.639	Po
254	-285.2239	1533.2026	963.24	Po
255	-280.3692	1529.0464	963.376	Po
256	-314.7329	1494.8608	969.639	E
257	-300.9464	1513.0579	967.309	Po
258	-295.795	1509.1539	967.485	Po
259	-306.2792	1505.7849	968.438	Po
260	-301.2612	1501.8962	968.445	Po
261	-313.3789	1500.9465	968.951	Po
262	-311.2149	1494.902	969.456	Po
263	-330.4881	1500.7408	969.521	Po
264	-330.9291	1494.4429	969.829	Po
265	-363.2823	1502.6775	974.44	Po
266	-360.6122	1508.2208	973.901	Po
267	-354.29	1499.4466	972.67	Mojón
268	-352.4878	1505.3134	972.51	Mojón
269	-378.2078	1520.5358	975.436	Poste
270	-383.5265	1545.9207	976.128	Po
271	-387.8355	1544.8877	976.138	Po
272	-391.7445	1556.6257	976.947	Po
273	-387.4685	1558.2187	976.903	Po
274	-401.4905	1600.7337	981.767	E
275	-388.9385	1569.0407	977.934	Po
276	-393.8722	1568.1484	978.15	Po
277	-400.5195	1590.9587	980.535	Po
278	-395.3455	1593.8207	980.551	Po
279	-373.7422	1524.5517	975.3	Po
280	-412.1705	1602.8937	982.615	Po
281	-409.5985	1607.8047	982.633	Po

282	-451.4305	1615.3257	990.731	E
283	-434.2795	1606.7917	985.202	Po
284	-432.5815	1612.8907	985.127	Po
285	-451.6345	1651.2967	986.895	CP
286	-452.6335	1640.2527	988.001	CP
287	-442.1655	1637.6117	988.429	Po
288	-446.3425	1632.9077	988.739	Poste
289	-440.1315	1625.8837	989.087	Po
290	-444.9675	1624.1137	988.733	Po
291	-445.5905	1618.3557	988.471	Po
292	-446.3935	1613.7777	988.166	Po
293	-449.0025	1610.5557	988.751	Po
294	-451.4665	1609.4717	989.257	Po
295	-440.2765	1605.8907	986.506	Poste
296	-450.3625	1603.0807	989.024	Po
297	-455.8535	1607.4527	989.978	Po
298	-465.2155	1601.8947	992.503	CP
299	-469.9705	1592.7727	993.432	CP
300	-466.9255	1598.0667	992.96	CP
301	-457.1264	1620.5751	989.663	CP
302	260.0527	1591.1309	958.2791	Po
303	-49.1127	1508.5421	933.6375	Po
304	-47.8284	1511.6403	933.75	Lc
305	281.133	1604.228	959.5	Lc
306	258.1701	1597.3553	958.4361	Po
307	279.4687	1607.1988	959.5875	Po
308	-47.491	1514.7691	933.5809	Po
309	282.7973	1601.2573	959.43	Po
310	48.9849	1560.1666	941.8725	Po
311	47.0007	1563.5046	942.0123	Lc
312	20.9285	1550.792	940.9193	Po
313	45.0165	1566.8425	942.1521	Po
314	24.6668	1544.5459	940.5261	Po
315	-69.2498	1520.3683	933.4	Lc
316	-68.6267	1523.2317	933.4248	Po
317	1001.475	989.989	1000.569	Lc

318	998.843	995.964	1000.206	Lc
319	993.3947	1016.682	999.944	Lc
320	993.2168	1029.4336	1000.402	Lc
321	996.202	1039.833	1001.14	Lc
322	1001.834	1046.432	1001.711	Lc
323	1013.406	1054.214	1001.077	Lc
324	1019.643	1059.584	1000.6	Lc
325	1020.779	1069.69	1000.018	Lc
326	1018.964	1077.436	999.652	Lc
327	1012.064	1097.157	997.906	Lc
328	1007.839	1111.458	996.516	Lc
329	1003.3239	1124.7015	994.452	Lc
330	999.074	1138.301	992.997	Lc
331	991.673	1169.841	986.658	Lc
332	984.833	1204.354	980.683	Lc
333	972.2362	1242.7417	978.895	Lc
334	966.0727	1247.6646	978.854	Lc
335	952.0166	1250.7763	978.639	Lc
336	933.6312	1257.066	978.057	Lc
337	929.648	1265.021	977.697	Lc
338	929.629	1280.944	977.02	Lc
339	929.97	1289.578	976.965	Lc
340	929.009	1295.024	976.877	Lc
341	925.3869	1304.8938	976.943	Lc
342	838.8462	1344.687	988.4	Lc
343	837.2865	1341.732	988.354	Lc
344	917.41	1311.89	977.358	Lc
345	908.375	1318.191	978.102	Lc
346	900.873	1323.423	979.034	Lc
347	886.038	1328.192	981.224	Lc
348	867.851	1331.997	984.308	Lc
349	854.14	1337.029	986.17	Lc
350	823.873	1352.426	990.602	Lc
351	807.254	1360.097	992.261	Lc
352	799.972	1366.851	992.996	Lc
353	818.702	1354.415	991.216	Lc

354	804.931	1362.339	992.484	Lc
355	793.744	1375.846	994.035	Lc
356	790.8191	1395.8282	995.81	Lc
357	783.39	1428.313	993.855	Lc
358	776.325	1447.615	992.22	Lc
359	774.2536	1460.5878	991.092	Lc
360	776.243	1492.459	990.232	Lc
361	774.036	1512.883	989.945	Lc
362	771.573	1522.949	989.601	Lc
363	766.399	1537.713	989.259	Lc
364	757.6421	1556.131	988.553	Lc
365	748.6399	1569.255	987.868	Lc
366	648.91	1630.423	982.197	Lc
367	642.355	1639.686	982.18	Lc
368	635.988	1643.551	982.057	Lc
369	620.211	1642.121	980.007	Lc
370	560.0217	1637.094	973.309	Lc
371	551.057	1634.6	973.041	Lc
372	536.639	1626.194	973.404	Lc
373	527.612	1618.158	974.63	Lc
374	509.483	1606.011	977.888	Lc
375	497.1408	1603.1582	978.95	Lc
376	472.7575	1606.115	978.629	Lc
377	445.7013	1611.7362	976.88	Lc
378	418.4066	1617.0423	974.551	Lc
379	403.7367	1612.3698	973.69	Lc
380	369.6724	1609.6008	967.97	Lc
381	339.7742	1620.8062	963.13	Lc
382	323.3078	1623.1248	961.436	Lc
383	236.5871	1583.8882	957.301	Lc
384	159.7698	1564.8308	956.4	Lc
385	144.7838	1563.1344	953.608	Lc
386	132.5744	1563.7391	951.713	Lc
387	76.4342	1578.9187	944.01	Lc
388	1.8598	1533.7154	939.854	Lc
389	-15.991	1509.9998	935.94	Lc

390	-29.6969	1504.7603	934.236	Lc
391	-89.4988	1528.3362	933.365	Lc
392	-123.8029	1549.3937	938.418	Lc
393	-155.5443	1552.8326	942.919	Lc
394	-187.7485	1554.2985	949.533	Lc
395	-207.7299	1557.4469	952.595	Lc
396	-231.9679	1564.351	955.946	Lc
397	-245.8931	1567.2427	958.339	Lc
398	-257.5933	1561.8096	959.616	Lc
399	-282.5586	1530.8865	963.569	Lc
400	-298.5112	1511.4519	967.535	Lc
401	-303.4381	1503.7316	968.641	Lc
402	-312.4625	1497.8942	969.352	Lc
403	-331.1163	1497.8399	969.853	Lc
404	-362.2739	1505.2601	974.099	Lc
405	-385.5505	1545.5027	976.236	Lc
406	-389.3535	1557.3607	976.961	Lc
407	-391.5825	1568.6517	978.057	Lc
408	-397.7065	1591.8817	980.89	Lc
409	-410.7775	1605.2927	982.759	Lc
410	-433.4235	1609.7817	985.576	Lc
411	-451.1145	1606.6207	989.378	Lc

Fuente: Coc Suruy, M. O. 2020.