

Gustavo Arnulfo Cabrera Carrillo

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUMULILLA, SANTA ROSA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, julio de 2023

Informe final de graduación

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Gustavo Arnulfo Cabrera Carrillo

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, julio de 2023

Informe final de graduación

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciada Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, julio de 2023

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

## Prólogo

Conforme a los lineamientos otorgados por la Universidad Rural de Guatemala, para el Programa de Graduación, se realizó la investigación para la propuesta, “Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa”. Como parte de los requisitos para optar al título de Licenciatura en Ingeniería Civil, con énfasis en Construcciones Rurales.

Para confirmar la hipótesis planteada se contó con el apoyo de los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla y productores agrícolas de aldea Oliveros.

La elaboración de la propuesta se efectúa con el objeto de poder aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil, para la realización del diseño geométrico de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

El propósito fundamental de la presente propuesta, es disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, mediante la construcción del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, al contar con el proyecto ejecutado, se reducirá el costo de transporte.

Con base a la información recabada de la investigación realizada, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema de alto costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.

## Presentación

En cumplimiento a lo estipulado por la Universidad Rural de Guatemala, previo a optar al título universitario de Licenciatura en Ingeniería Civil, con énfasis en Construcciones Rurales, se elaboró el trabajo denominado “Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa”.

El trabajo tiene como base, la investigación del costo de traslado de productos agrícolas, relacionado con las condiciones en las cuales se mantiene el camino de la zona de estudio.

El informe es presentado de manera adecuada a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, lo cual permitió comprobar el aumento en los precios de traslado de productos agrícolas, por el mal estado de la carretera, como consecuencia principal, a falta de un proyecto de mejoramiento con pavimento flexible de la carretera.

Como medio para solucionar la problemática, se propuso buscar las estrategias correspondientes que orienten a las autoridades, tanto locales, como administrativas, con el propósito de gestionar los recursos económicos necesarios, para la implementación de un proyecto el cual va a mejorar las condiciones del camino por medio de la pavimentación.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para reducir el costo del traslado de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento. De la misma forma, se presenta la información para la unidad ejecutora, a la que corresponde llevar a cabo la realización de las actividades que fueren necesarias, para poder dar cumplimiento y seguimiento a lo establecido en la propuesta en general.

## ÍNDICE GENERAL

Número	Contenido	Página
I.INTRODUCCIÓN .....		1
I.1 Planteamiento del problema.....		2
I.2 Hipótesis .....		3
I.3 Objetivos.....		3
I.3.1 General.....		3
I.3.2 Específico.....		3
I.4 Justificación .....		4
I.5 Metodología.....		6
I.5.1 Métodos .....		6
I.5.2 Técnicas .....		11
II. MARCO TEÓRICO .....		13
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....		94
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		105
IV.1 Conclusiones.....		105
IV.2 Recomendaciones .....		106
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE CUADROS

Número	Contenido	Página
1.	Sistema de clasificación funcional .....	19
2.	Nivel de servicio de carreteras .....	23
3.	Clasificación de carreteras .....	23
4.	Velocidades de diseño de tramos homogéneos, VTR.....	56
5.	Productores que consideran alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.....	95
6.	Productores que conocen la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas .....	96
7.	Productores que consideran que el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) busca solución al alto costo de transporte de productos agrícolas .....	97
8.	Productores que confirman que las condiciones climáticas (lluvias), afectan los costos de transporte de los productos agrícolas .....	98
9.	Productores que indican si alguna institución contribuye con algún tipo de apoyo para el transporte de productos agrícolas .....	99
10.	Directivos que cuentan con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.....	100
11.	Directivos que priorizan el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.....	101
12.	Directivos que consideran indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.....	102
13.	Directivos que afirman que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea.....	103
14.	Directivos que consideran que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento,	



Chiquimulilla, es una forma de mejorar la calidad de vida para los habitantes de la  
aldea ..... 104

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Número	Contenido	Página
1.	Jerarquía de movimientos .....	17
2.	Estructura típica de un pavimento rígido .....	30
3.	Sección transversal de un pavimento flexible .....	37
4.	Elementos geométricos de una curva circular simple .....	50
5.	Curvatura por el Sistema Arco Grado .....	51
6.	Curva circular compuesta de dos radios.....	53
7.	Sección transversal.....	59
8.	Costos de operación del vehículo de transporte de carga .....	87
9.	Estructura y agregación de los costos de operación del vehículo .....	93
10.	Productores que consideran alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.....	95
11.	Productores que conocen la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas.....	96
12.	Productores que consideran que el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) busca solución al alto costo de transporte de productos agrícolas .....	97
13.	Productores que confirman que las condiciones climáticas (lluvias), afectan los costos de transporte de los productos agrícolas .....	98
14.	Productores que indican si alguna institución contribuye con algún tipo de apoyo para el transporte de productos agrícolas .....	99
15.	Directivos que cuentan con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.....	100
16.	Directivos que priorizan el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.....	101
17.	Directivos que consideran indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.....	102

18. Directivos que afirman que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea..... 103

19. Directivos que consideran que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de mejorar la calidad de vida para los habitantes de la aldea ..... 104

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe la investigación realizada, con relación al problema identificado, al observar la dificultad que tienen los productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, en el traslado de sus productos al mercado local, al utilizar la única vía de comunicación y que actualmente se encuentra en mal estado, lo cual genera incomodidades y un alto impacto en la economía de los usuarios de esta.

Las comunidades rurales tienen las mayores dificultades para transportar y distribuir sus productos agrícolas, esto se debe a que se ven obligados a utilizar carreteras sin asfaltar y en la temporada de lluvias, sin mantenimiento adecuado, se vuelven intransitables.

En el análisis de esta problemática es necesario mencionar sus causas, la principal de ellas es, que no se ha priorizado gestionar los recursos para un proyecto de mejoramiento de la carretera que conduce de aldea Oliveros, hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, lo cual es confirmado al entrevistar a las autoridades locales y administrativas del municipio de Chiquimulilla.

De esta forma nace la idea de efectuar el diseño geométrico para la propuesta de un proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera, que facilite la locomoción y evite el deterioro de los medios de transporte, lo que influirá en la reducción de los costos de transporte de productos agrícolas.

La importancia de contar con carreteras pavimentadas radica en, la facilidad de permitir que los productores agrícolas cumplan con los tiempos de entrega, con la mayor calidad de sus productos y ofreciéndolos a precios competitivos en el mercado local.

## I.1 Planteamiento del problema

El municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, en muchas de sus aldeas y comunidades, no cuenta con carreteras pavimentadas, la mayor parte de carreteras son de terracería y no tienen un mantenimiento periódico, lo que ocasiona problemas a los habitantes al trasladarse de un lugar para otro.

Este efecto se ha percibido por el mal estado del camino de la zona, a causa de que ha sido descuidado por las autoridades encargadas de velar por el mantenimiento preventivo, especialmente durante la época lluviosa, que provoca zanjas longitudinales y transversales por escorrentía pluvial.

El mal estado de las carreteras, como es el caso de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, tiene como consecuencia el alto costo de transporte de productos agrícolas, y por consiguiente repercute en la economía de los productores agrícolas de aldea Oliveros, debido a que para poder llevar sus productos al mercado de Chiquimulilla, tienen que pagar altos costos de transporte.

El problema se presenta como consecuencia de no contar con un proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, el cual permita mejorar la infraestructura vial del tramo carretero, para facilitar la circulación y evitar el deterioro de los vehículos que transitan por el área, de esta forma los costos de transporte de productos agrícolas puedan disminuir.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades encargadas de velar por esta problemática, cuenten con una alternativa de solución a corto plazo al problema encontrado y se pueda contar con una vía transitable, que facilite el traslado de productos agrícolas.

## I.2 Hipótesis

Basado en el trabajo de investigación realizado, conforme a la metodología que proporciona la Universidad Rural de Guatemala, se pudo establecer la hipótesis de trabajo siguiente:

“Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”

¿Será la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, por el mal estado de la carretera, la causante del incremento en el costo de transporte; durante los últimos cinco años?

## I.3 Objetivos

El desarrollo de la investigación implicó el planteamiento de los objetivos general y específico, los cuales a medida que la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

### I.3.1 General

Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.

### I.3.2 Específico

Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

#### I.4 Justificación

El propósito de este tipo de infraestructura, conocido como caminos rurales, es asegurar que las comunidades rurales tengan un acceso equitativo a bienes y servicios que puedan promover el desarrollo social y económico al mismo tiempo que mejoran la calidad de vida, el bienestar social, la educación, la salud, y la seguridad de sus habitantes.

La planificación y el análisis para mejorar los caminos rurales son actividades clave para garantizar la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los usuarios provenientes de las comunidades.

Cuando los caminos son malos, el servicio de abastecimiento de insumos para la producción y compra de los productos agrícolas para la comercialización, es prestado por uno o pocos intermediarios, con lo que desaparece la competencia, posiblemente porque bajo esas condiciones los costos de operación del transporte son altos, lo que desmotiva a otros potenciales prestadores de estos servicios. Como resultado de lo anterior, los márgenes de ganancia del intermediario se vuelven más altos, se limita el interés de los agricultores a invertir en cultivos de alto valor comercial.

Los habitantes de aldea Oliveros son personas que en su mayoría se dedican a la agricultura, dicha actividad es la mayor fuente de ingresos económicos, la cual se ve afectada por el mal estado de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Con base a los datos recabados de los últimos cinco años, se deduce que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, ha aumentado de Q. 9.00 en el año 2018 a Q. 15.00 en el año 2022, esta información representa un aumento del 66.67% durante los últimos cinco años, se evidencia un promedio de aumento del 16.67% al

año, esto se debe al mal estado del camino, lo cual genera deterioro a los medios de transporte, a causa de la falta de un proyecto para construcción de pavimento flexible.

Esta situación tenderá al incremento de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, en los siguientes cinco años, de no tomar las medidas necesarias para llevar a cabo la propuesta y contrarrestar la problemática, la proyección indica que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, para el año 2027, será de Q. 23.20. Lo que representa un aumento del 54.67% en relación al costo de Q. 15.00 del año 2022.

Por lo tanto, se cataloga como urgente implementar como solución del problema una propuesta para el mejoramiento de la carretera con pavimento flexible, que facilite la circulación y conservación del transporte, para la reducción del costo de transporte de productos agrícolas.

De llevarse a cabo la propuesta, para el año 2025, se proyecta que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, disminuirá a Q. 5.00, en relación al costo de Q. 15.00 del año 2022. Esta información representa una disminución del 66.67% de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, después del primer año de ejecutado el proyecto, situación o acción que trae beneficio a los pobladores de la zona.

Es importante mencionar que si no se toman acciones para la realización del proyecto, con el objetivo de mejorar la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, los productores agrícolas, seguirán con las consecuencias de los altos costos para el traslado de sus productos agrícolas al mercado, lo que influirá en una desmotivación en la población, para la realización de dicha actividad, la cual genera los productos de alimentación diaria para muchas poblaciones.



## I.5 Metodología

A continuación, se describen los métodos y técnicas utilizadas para desarrollar el presente trabajo de graduación.

### I.5.1 Métodos

La metodología utilizada varió en cuanto a la formulación de la hipótesis y comprobación de la misma, así: para la formulación de la hipótesis se utilizó como metodología fundamental el método deductivo, el cual se apoyó en el marco lógico para formar la hipótesis y los objetivos de la investigación, los cuales se muestran en el árbol de problemas y objetivos en el anexo del documento.

El método que se utilizó para comprobar la hipótesis fue el inductivo, el cual también contó con el apoyo de los métodos estadístico, análisis y síntesis.

A continuación se describe cómo se utilizan los métodos citados:

#### I.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis

Lo que permitió la formulación de la hipótesis, fue principalmente el uso del método deductivo, que va de lo general a lo específico. Este método permitió identificar aspectos generales de la problemática que existe, para los productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Método deductivo. En el cual se obtienen resultados específicos de la problemática, su finalidad principal es obtener una conclusión sobre un hecho, este es un método de investigación donde se realiza la creación de una hipótesis, sobre la investigación de

una problemática, los problemas que se afrontan de la misma, se deducen consecuencias, se realizan análisis para comprobar estas deducciones.

Con este fin se emplearon las técnicas que se enumeran a continuación.

a) Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en la aldea Oliveros, en la cual, se observó la dificultad que tienen los productores agrícolas para trasladar sus productos agrícolas hacia el mercado de Chiquimulilla, esto se debe al deterioro del camino que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.

b) Investigación documental. Para evitar la duplicación de esfuerzos en relación con el trabajo académico desarrollado, se utilizó esta técnica para determinar si existían documentos similares o relacionados con el tema investigado. También se utilizó para obtener aportes y puntos de vista adicionales de otros investigadores sobre el tema en consideración. Las citas bibliográficas de los documentos consultados se listan en la bibliografía, la cual se obtuvo, al utilizar los archivos de referencias bibliográficas durante la revisión de documentos.

c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los productores agrícolas y a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Con una visión más amplia sobre la problemática de los productores agrícolas de aldea Oliveros, mediante el uso del método deductivo, por medio de las técnicas descritas anteriormente, se procedió a la formulación de la hipótesis, para ello se utilizó el método del marco lógico, que favoreció para identificar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, se pudo definir también la zona de estudio y el tiempo que se estableció para el desarrollo de la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”

El método del marco lógico también permitió identificar el objetivo general y específico de la investigación, entre otras cosas, y facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

Modelo de investigación y proyectos: Dominó

El modelo de investigación y proyectos Dominó, es un modelo primario de análisis, es la matriz donde se integran todos los elementos de una manera secuencial, para poder realizar una investigación, este modelo consta de 16 ítems, el cual se divide en 3 columnas tituladas, problema, propuesta y evaluación, cada una de las columnas con sus respectivos ítems, relacionadas entre sí, y lleva la secuencia de los pasos a seguir en el proceso investigativo.

Por medio del método de investigación y proyectos Dominó, se estructura la base que sirve como guía para la elaboración de la tesis, y se lleva la secuencia de la problemática encontrada, la propuesta, los temas a investigar, los resultados a obtener y la forma de evaluar los resultados obtenidos, según la metodología empleada por la Universidad Rural de Guatemala.

Los temas que se solicitan en el dominó, incluyen los temas del marco teórico y el nombre de la tesis, es de vital importancia que el modelo dominó, se encuentre estructurado de manera correcta para obtener una buena guía en la investigación que se va a realizar.

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

Para la comprobación de la hipótesis, se utilizaron los métodos: inductivo, estadístico, analítico y sintético.

a) Método Inductivo. Este método fue el que se utilizó con mayor frecuencia para obtener los resultados específicos o particulares relacionados con el problema identificado; estos resultados específicos o particulares sirvieron de base para desarrollar conclusiones y premisas más amplias.

b) Método Estadístico. Esta metodología permitió la recolección, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables y valores numéricos de la investigación, se obtuvo mayor entendimiento de la realidad y una mejora en la toma de decisiones.

c) Método Analítico y Sintético. Mediante el uso de esta metodología, los componentes del estudio fueron recabados para permitir la construcción y síntesis del análisis del resultado, el tema del estudio fue abordado al utilizar los hechos para desarrollar las conclusiones y recomendaciones.

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

a) Entrevista. Previo al desarrollo de la entrevista, se diseñaron boletas de investigación con el fin de determinar la variable dependiente e independiente de la hipótesis planteada previamente. Antes de ser utilizados con la población objetivo, las boletas pasaron por un proceso de prueba para asegurar que las preguntas fueran tan efectivas como posible y que las respuestas proporcionarían la información necesaria, después de ser utilizadas; posteriormente a la verificación se procedió a la impresión de las boletas.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, para comprobar la variable dependiente (Y), se decidió trabajar con 100 productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, seguidamente se procedió a realizar análisis del cálculo de la muestra con la fórmula para poblaciones finitas cualitativas, por ser mayor a 35 personas, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, al obtener los resultados, se determinó la muestra de 43 productores agrícolas.

Para comprobar la variable independiente (X), se realizó la técnica del censo, la población que se entrevistó fueron, directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, Dirección Municipal de Planificación (DMP) y Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, con un total de dieciocho (18) directivos, por ser menor a 35 personas, no se utilizó muestreo; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100% y el margen de error del 0%.

Luego de recopilar la información contenida en las boletas, continuó la tabulación. Para ello se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos luego de utilizar las boletas de investigación, los cuales tuvieron como objetivo la confirmación de la hipótesis planteada previamente.

Después de interpretar la información mediante el método de análisis, se utilizó el método de síntesis, para agrupar y relacionar los elementos examinados, y después de la comprobación de los datos obtenidos, presentar las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la utilización del método de síntesis sirve además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados alcanzados producto de la investigación de campo efectuada, respecto a la hipótesis planteada.

## I.5.2 Técnicas

Las técnicas utilizadas tanto en la formulación como en la verificación de la hipótesis fueron expuestas previamente, aunque variaron según las etapas de formulación y comprobación de la hipótesis; así:

Como se describe en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas utilizadas en la formulación de la hipótesis fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; se utilizó también la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otra parte, para la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista, el censo y el cálculo de la muestra.

Como se puede observar, la entrevista se realizó tanto en la fase de desarrollo de la hipótesis como en la comprobación de la misma. La investigación documental estuvo presente a lo largo de toda la investigación, además de las dos etapas mencionadas, y específicamente para ayudar a conformar el marco teórico.

### Coeficiente de correlación

Este coeficiente es un indicador estadístico que al efectuar el cálculo con la fórmula correspondiente, proporciona el grado de correlación de dos variables, la variable dependiente (efecto) y la variable independiente (causa); es decir el comportamiento gráfico de las mismas.

El coeficiente de correlación es la medida específica que cuantifica la intensidad de la relación lineal entre dos variables en un análisis de correlación. En los informes de correlación, este coeficiente se simboliza con la letra  $r$ .

El requisito para que las variables estén debidamente correlacionadas, indica, que es indispensable que el resultado del coeficiente de correlación debe estar comprendido dentro del rango  $\pm > 0.80$  a  $\pm < 1$ .

En el caso del tema investigado, las variables intervinientes están en función de: "X" la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2018 a 2022); mientras que "Y" en función de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, de la zona de estudio.

En base al resultado obtenido al calcular la fórmula es:  $r = 0.99$ , el cual está dentro del rango permitido, se comprueba que las variables descritas en los cálculos están debidamente correlacionadas, se valida la problemática planteada y se procede a realizar la proyección mediante la línea recta.

Ecuación de la línea recta ( $y = a + bx$ )

Mide el comportamiento lineal entre dos datos o puntos proporcionados, sirve para efectuar una proyección a futuro con datos previamente obtenidos.

La ecuación  $y = a + bx$ , donde "y" sería la variable dependiente, es decir, aquella que viene definida a partir de la otra variable "x" (variable independiente). Para definir la recta hay que determinar los valores de los parámetros "a" y "b":

## II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico es la parte fundamental de toda investigación, ya que, por medio de él, se puede desarrollar y dar a conocer la información teórica, que confirma el proyecto, en base al planteamiento del problema que se ha realizado.

### Carreteras

Las carreteras son vías de comunicación y constituyen infraestructura esencial para el desarrollo social y económico de las comunidades, pueblos y países.

Según BAÑÓN, BEVIÁ (2000) dice que: la historia de la humanidad es la historia de los caminos y siempre éstos han cumplido análogas funciones en relación con el desarrollo y las tecnologías. Las civilizaciones se sirven de los caminos, sin los cuales no se concibe su expansión. Rastro del paso del hombre fueron los primeros caminos; rastro de la historia son todos los caminos, afirma el eminente filólogo e historiador español Ramón Menéndez Pidal.

El ser humano muchas veces es definido como animal social, ya que necesita relacionarse con sus semejantes y con su entorno, para poder desempeñar correctamente sus funciones. En este sentido, la existencia de rutas, sendas o caminos, proporciona y facilita la creación de vínculos sociales y comerciales entre los distintos grupos humanos, bien sean individuos, tribus, comunidades, pueblos, ciudades o naciones. (BAÑÓN, BEVIÁ, 2000).

Desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros



alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos. (BAÑON, BEVIÁ, 2000).

Según afirma CÁRDENAS (2013): una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos, de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

La carretera que recorren los vehículos es un componente fundamental para el desarrollo del transporte por carretera. La disponibilidad de una superficie preparada, es necesaria para garantizar que el tránsito sea seguro y cómodo. Esta superficie debe mantener las condiciones necesarias para permitir la circulación de vehículos a velocidades generalmente se suelen alcanzar, sin que la conducción resulte en una tarea cansada y peligrosa. (KRAEMER, PARDILLO, ROCCI, ROMANA, SÁNCHEZ, DEL VAL, 2003).

Dada la naturaleza fundamental del transporte por carretera, es necesario que el conjunto de carreteras que hay en un área determinada (una ciudad, un pueblo, una región o un país) formen una red vial con conexiones suficientes entre las distintas vías, para conceder el movimiento de vehículos entre dos puntos determinados de esa misma área. Además, esa red debe ser lo suficientemente densa para permitir el fácil acceso de los vehículos por sí solos desde cualquier ubicación. (KRAEMER, PARDILLO, ROCCI, ROMANA, SÁNCHEZ, DEL VAL, 2003).

Según afirman, KRAEMER, PARDILLO, ROCCI, ROMANA, SÁNCHEZ, DEL VAL (2003), la red viaria cumple así dos funciones primordiales: Se debe permitir que los vehículos automóviles viajen de manera rápida, cómoda, económica y segura, y que al mismo tiempo sean fácilmente accesibles desde cualquier lugar que cubre la red viaria.

La primera función es de movilidad, mientras que la segunda función es de accesibilidad. Las carreteras deben combinar una serie de condiciones potencialmente conflictivas para poder cumplir y englobar ambas funciones. Por ejemplo, si se mejorara la accesibilidad puede perjudicar la movilidad y viceversa. Debido a esto, ciertas rutas de la red están especializadas, y algunas de ellas sirven como rutas de transporte cercanas o rutas cortas de transporte, mientras que otras sirven como puertas de entrada a la mayor parte del país. (KRAEMER, PARDILLO, ROCCI, ROMANA, SÁNCHEZ, DEL VAL, 2003).

#### Clasificación de carreteras

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID (2011). Las carreteras son un componente de un sistema integral de transporte, es necesario clasificarlas de distintas maneras, según la necesidad de reflejar alguna característica común o algún propósito determinado. Así se han clasificado según sus sistemas operacionales, según su clase, según su función o según tipos geométricos y orográficos.

Estas clasificaciones de carreteras son necesarias para mejorar la comunicación entre planificadores, administradores, ingenieros y el público en general. Según la región en la que se desarrollan, se dividen en áreas urbanas y rurales; para los procedimientos de localización y diseño de rutas, se basan en las principales características geográficas (como carreteras, caminos y calles); para las operaciones de tráfico, son rutas numeradas (por ejemplo: Centroamericanas: CA-1, Nacionales: RN-1, Departamentales: RD-1, Municipales: RM-1 y Rurales). (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

La clasificación administrativa (por ejemplo: Sistema de Carreteras Centroamericanas, Sistema de Carreteras Nacionales o Sistema de Carreteras

Departamentales), clasificación que se utiliza para indicar los niveles de responsabilidad a nivel de gobierno y la forma de financiamiento de las obras viales; la clasificación funcional, que es una importante herramienta de planificación, agrupa las carreteras por el carácter del servicio que proveen. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

### Concepto de Clasificación Funcional

El proceso por el cual los caminos y calles se organizan en clases o sistemas de acuerdo con las características de servicio al tránsito que se pretende brindar se conoce como clasificación funcional. Hay tres clasificaciones funcionales de carreteras: vías arteriales, vías colectoras y vías vecinales. En esta sección se introducen los conceptos fundamentales necesarios para comprender la clasificación funcional de obras y sistemas viales. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

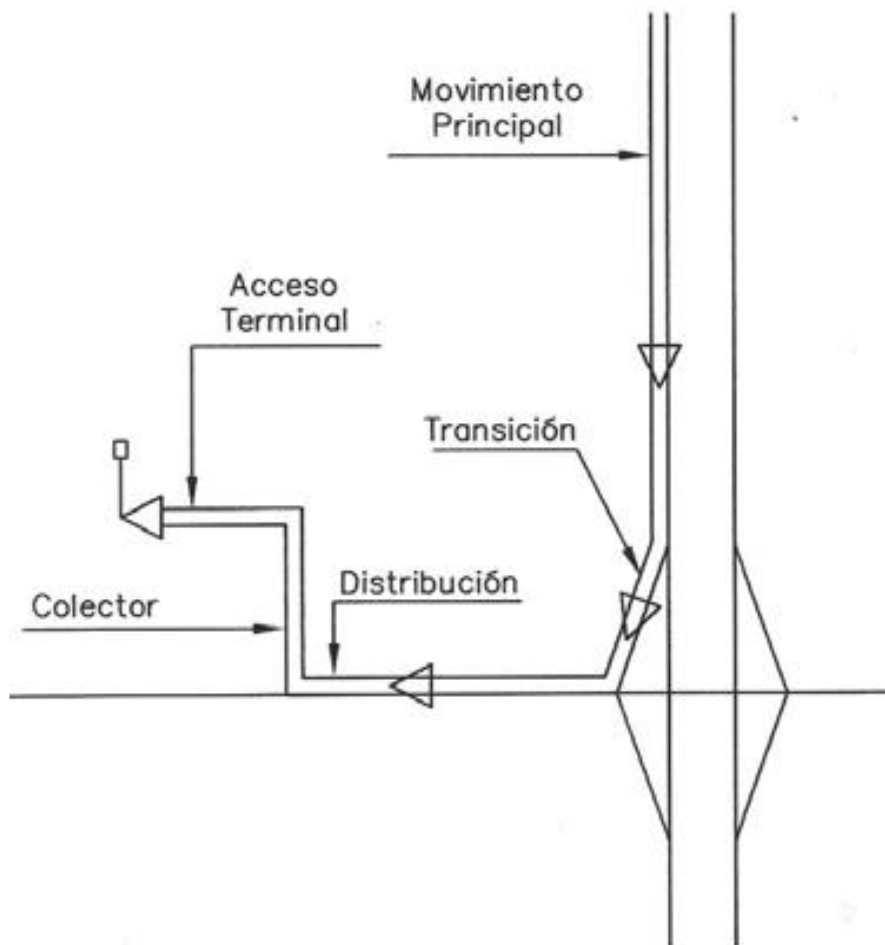
### Jerarquía del Movimiento y Componentes

Un sistema de diseño funcional completo provee una serie de distintos movimientos de viaje. Existen seis etapas reconocibles en la mayoría de los viajes que incluyen el movimiento principal, distribución, colección, acceso y terminación. Por ejemplo, la ilustración 1 muestra un supuesto viaje en una carretera al usar una autopista, donde el movimiento principal de vehículos es constante, con un flujo de alta velocidad. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Al viajar por una autopista, los vehículos comienzan a disminuir la velocidad en las rampas, que sirven como carriles de transición, a medida que se acercan a sus destinos. Los vehículos ingresan luego a vías medianamente rápidas (proyectos de distribución), que los llevan a su destino final. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Después de eso, ingresan en caminos colectores que los acercan directamente a las residencias privadas u otros destinos. Los vehículos son estacionados en obras terminales adecuadas. El mismo procedimiento a la inversa, utiliza el flujo vehicular para la incorporación al movimiento principal. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Gráfica 1. Jerarquía de movimientos



Fuente: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001)

Cada una de las seis etapas de un viaje típico es atendida por una obra separada proyectada especialmente para su función. Puesto que la jerarquía de movimientos se fundamenta en el valor total del volumen de tránsito, el viaje en autopista es

usualmente el más alto en la jerarquía de movimientos, seguido por el viaje arterial distribuidor, el cual a su vez es mayor en la jerarquía de movimientos que el viaje sobre las vías colectoras y de acceso local. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Aunque varios viajes pueden subdividirse en las seis etapas reconocidas, no siempre son necesarias las obras intermedias. La jerarquía de las obras de circulación se relaciona específicamente con las condiciones de desarrollos urbanos de baja densidad, donde la circulación de tránsito se acumula sobre sucesivos elementos del sistema. Sin embargo, a veces es necesario reducir el número de componentes de la cadena. Ejemplo, un solo generador de tránsito puede llenar uno o más carriles de una autopista durante cierto tiempo. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Ante esta situación se recomienda orientar el tráfico directamente hacia una rampa de la autopista sin incluir obras arteriales que mezclen innecesariamente los ya concentrados flujos de tránsito con vehículos adicionales. La eliminación de obras intermedias no elimina la necesidad funcional de las partes remanentes de la jerarquía de flujo o los elementos de diseño funcional, aunque cambien sus características físicas. El orden del movimiento todavía se puede identificar. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

#### Clasificación Funcional y Servicios Provistos

Esta clasificación reconoce que las carreteras y caminos individuales no soportan los viajes de manera independiente. Más importante aún, la mayoría de los viajes comprenden movimientos a través de las redes de rutas que pueden categorizarse de manera eficiente y lógica en relación con dichas redes. De esta forma, la categorización funcional de caminos y calles también es congruente con la clasificación de los trayectos. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

La Clasificación Funcional agrupa las calles y carreteras en tres grupos:

Cuadro 1. Sistema de clasificación funcional

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	SERVICIOS QUE PROVEE
Arterial	Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en distancias de viaje ininterrumpido, con algún grado de control en los accesos.
Colector	Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales.
Local	Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas.

Fuente: (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011)

### La Clasificación funcional como un tipo de diseño

Este artículo hace uso del sistema de clasificación funcional para el diseño de carreteras. Hay dos especificidades clave relacionadas con este objetivo. La autopista

es el primer tema significativo. La autopista no es una clase funcional en sí misma, pero generalmente se clasifica como una arteria principal. Sin embargo, tiene criterios de diseño geométrico únicos que requieren una designación de diseño diferente de otras rutas arteriales. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

El segundo tema importante surge del hecho de que en el pasado, los criterios de diseño y los niveles de capacidad se basaban tradicionalmente, en la clasificación de los rangos de volúmenes de tránsito. Bajo tal sistema, las carreteras con volúmenes de tráfico comparables se construyen de acuerdo con los mismos estándares y brindan niveles de servicio equivalentes, incluso si puede haber diferencias significativas en las funciones que cumplen. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Se prevé que las arterias proporcionen un alto grado de movilidad para viajes de larga distancia, por lo que se deben permitir velocidades de operación y niveles altos de servicio. Dado que el acceso a la propiedad vecina no es su función principal, es necesario cierto nivel de restricción de acceso para aumentar la movilidad. La doble función de los colectores es acomodar los trayectos más cortos y alimentar las arterias. Deben proporcionar cierto grado de movilidad además de ayudar a la propiedad vecina. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Por esta razón, las velocidades de diseño intermedias y los niveles de servicio son apropiados. Dado que el acceso a la propiedad es su función principal, las calles y caminos locales tienen distancias de viaje relativamente cortas y las altas velocidades de operación no son factores esenciales. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

La noción funcional es crucial para el diseñador. Aunque muchos estándares de diseño geométrico se establecen sin tener en cuenta la clasificación funcional, este estándar debe tener en cuenta el propósito básico que la calle o carretera debe cumplir. Esta

idea es congruente con un enfoque sistematizado de planificación y diseño de viales. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Determinar el propósito que cumplirá la ruta es el primer paso en el proceso de diseño. El nivel de servicio requerido para llevar a cabo esta función para el volumen y la composición del tráfico previstos, proporciona una base racional y rentable para elegir la velocidad de diseño y criterios geométricos, entre la gama de opciones disponibles para el desarrollador del proyecto. El uso de la clasificación funcional como criterio de diseño debe integrar adecuadamente la planificación y el diseño del proceso vial. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Para poder dividir la red de tráfico en segmentos de características comparables en función de la demanda del tránsito, es necesario aplicar la clasificación funcional de las carreteras. La demanda se ha expresado por medio de los volúmenes de transporte comúnmente suele reflejar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que proporciona la base fundamental para la posterior identificación y cuantificación de los componentes primarios del diseño geométrico. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Como resultado, pueden agruparse en rangos de volúmenes de vehículos que van desde 50 o menos vehículos por día (vpd) hasta 500 a 3,000 vehículos por día, 3,000 a 10,000 vehículos por día, 10,000 a 20,000 vehículos por día y más de 20.000 vehículos por día. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

La capacidad descrita como "el máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado durante un periodo específico de tiempo, bajo condiciones prevalentes de la carretera y el tránsito" es como se expresa la oferta que representa la solución vehicular seleccionada. Se supone que no hay influencia del tránsito más adelante dentro del punto de análisis. La capacidad de las autopistas en condiciones óptimas



de circulación y vialidad es de 2.000 vehículos livianos por carril y hora. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

En cambio, en las carreteras de dos carriles se alcanzan capacidades de 3.200 vehículos ligeros por hora en ambos sentidos. Las condiciones ideales incluyen flujo ininterrumpido, sin interferencia lateral de vehículos o peatones, sin mezcla de vehículos pesados en el flujo de tráfico, carriles normales de 3.60 m. de ancho, hombros de ancho apropiado, altas velocidades de diseño y falta de restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

El Nivel de Servicio, que está relacionado con la capacidad, define el volumen máximo de tráfico que una carretera puede albergar durante las horas pico, sin exceder los niveles predeterminados por el diseñador después de equilibrar los intereses de los conductores, quienes pueden estar dispuestos a tolerar una cantidad mínima, de congestión. Los estándares de diseño actuales predeterminarán algunos requisitos fundamentales en función de la clasificación funcional de la ruta. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Para el proyectista de cualquier vía, conocer el dimensionamiento de la capacidad y el nivel de servicio es fundamental para determinar el tipo de vía a diseñar, así como los elementos que la componen y sus dimensiones, como el número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Previsiblemente, se establece que las carreteras de la red vial se diseñarán para el nivel de servicio D, se exceptúan las autopistas, que deberán regirse al nivel de servicio C. El flujo es estable en el nivel de servicio C, pero hay algunos indicios de inestabilidad en la circulación en el nivel de servicio D. En el cuadro 2, se presenta una explicación

simplificada del nivel de servicio de la carretera. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Cuadro 2. Nivel de servicio de carreteras

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación (90 km/h o más).
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito (80 km/h).
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad (70 km/h).
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. La velocidad se mantiene alrededor de 60 km/h.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. La velocidad cae hasta 40 km/hr.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

Fuente: (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

La clasificación funcional de carreteras reconoce el establecimiento de doce tipos esenciales de carreteras entre áreas rurales y urbanas, con restricciones en lo relacionado a volúmenes de tráfico para diseño. En el cuadro 3 se muestra esta clasificación. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

En general, los caminos colectores rurales sirven para viajes interdepartamentales, más que para viajes municipales importantes, y las distancias de viaje típicas en estos caminos son menores que las de los caminos arteriales, independientemente del volumen de tráfico. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Cuadro 3. Clasificación de carreteras

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011)

a) Con excepción de la clase RURAL que será de terracería, todas las demás clases deberán de ser pavimentadas. Las Clases CR, CU y LR también podrán ser pavimentadas o de terracería. AA=Autopista; AR=Arterial Rural; AU=Arterial Urbana; AMR=Arterial Menor Rural; AMU=Arterial Menor Urbana; CMR=Colector Mayor Rural; CMU= Colector Mayor Urbana; CR=Colector Menor Rural; CU=Colector Menor Urbana; LR=Local Rural; LU=Local Urbano; R=Rural. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

b) Tránsito Promedio Diario (TPD). (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Aun así, las doce clases de carreteras se pueden subdividir, por ejemplo, si se toma el rango de TPDA para la clase de carretera COLECTOR MENOR RURAL es muy amplio (500 a 3,000 vehículos) puede dividirse en rangos menores, por ejemplo de 500 a 900, de 900 a 1,500 y de 1,500 a 3,000 con designación CR-3, CR-2 y CR-1 efectivamente, pero pertenecen a la clase Colector Menor Rural. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Las carreteras deben diseñarse, al tomar en cuenta las características geométricas que corresponden a su clase y ejecutarse por etapas en función del aumento del tránsito. (SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID, 2011).

Según dice CÁRDENAS, (2013), Otra clasificación de carreteras es determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles.

#### a) Carreteras Primarias o de Primer Orden

Son rutas troncales, transversales, que dan acceso a las capitales departamentales, cumplen el propósito fundamental de integrar las principales áreas de producción y consumo del país. Este tipo de carreteras siempre deben estar pavimentadas y pueden ser de calzadas divididas, según los requerimientos del proyecto. (CÁRDENAS, 2013).

#### b) Carreteras Secundarias o de Segundo Orden

Son las carreteras que conectan cabeceras municipales entre sí, o que parten de una cabecera municipal y conectan con una carretera principal. Las carreteras secundarias que se consideran funcionales pueden estar pavimentadas o asfaltadas. (CÁRDENAS, 2013).

### c) Carreteras Terciarias o de Tercer Orden

Son las vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus caminos tipo veredas o veredas entre sí. Aquellas vías que tengan la consideración de terciarias deberán funcionar como carretera de terracería y deben cumplir los requisitos geométricos para las carreteras secundarias, en caso de pavimentarse. (CÁRDENAS, 2013).

### Tipos de pavimento

MONTEJO (2002) indica, que un pavimento está compuesto por un conjunto de capas superpuestas verticalmente que están bien diseñadas y construidas con los materiales adecuados y técnicas de compactación idóneas. Estas capas estratificadas apoyadas sobre la sub rasante de una carretera, construida por medio del movimiento de tierras durante el proceso de cortes y rellenos, que deben soportar y transmitir los esfuerzos que le transmiten las cargas repetidas del tránsito, durante el tiempo para el cual se diseñó la estructura del pavimento.

El propósito del pavimento de una carretera, cuando está soportado por una fundación adecuado, es proveer una superficie de rodadura, que permita el movimiento seguro y cómodo de vehículos, a las velocidades operativas deseadas, aún con condiciones climáticas, no favorables. Existen diferentes tipos de pavimento. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

a) Pavimentos flexibles. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Convencionales de base granular. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Deep-Strength de base asfáltica. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Pavimentos full-depth. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Pavimentos con tratamiento superficial (pueden ser semirrígidos también). (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

b) Pavimentos rígidos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

c) Pavimentos semirrígidos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Para poder cumplir apropiadamente, las funciones para las que fue diseñado un pavimento, y evitar deterioro prematuro, debe llenar los requisitos siguientes: (MONTEJO, 2002)

a) Resistir la acción de las cargas provenientes del tránsito. (MONTEJO, 2002).

b) Ser resistente ante los agentes de la intemperie. (MONTEJO, 2002).

c) Tener una textura superficial que sea adecuada para las velocidades de circulación previstas de los vehículos, ya que esto tiene un impacto significativo en la seguridad vial, debido a los derrapes de vehículos. Adicionalmente, debe ser resistente a la degradación causada por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos. (MONTEJO, 2002).

d) Debe mostrar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinalmente, que favorezca una adecuada comodidad a los usuarios, en relación con las longitudes de onda de las deformaciones y la velocidad de circulación. (MONTEJO, 2002).

e) Debe ser durable. (MONTEJO, 2002).

f) Debe tener condiciones adecuadas en relación al drenaje. (MONTEJO, 2002).

g) Debe tener el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una apropiada seguridad al tránsito. (MONTEJO, 2002).

### Pavimentos flexibles.

Son aquellos que se conforman de un recubrimiento asfáltico, asentados sobre una capa de base granular. La distribución de las tensiones y deformaciones provocadas por el paso de vehículos, se produce de tal forma que la base y las capas de revestimiento absorben las tensiones de compresión vertical del suelo de cimentación, mediante la absorción de las tensiones cortantes. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

La fibra inferior del revestimiento asfáltico sufre tensiones de tracción y deformación durante este proceso y como resultado de la repetición de cargas de tráfico, se desgastará. Así mismo, la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento, causará hundimientos en la trilla de rueda cuando el tráfico se canaliza por un mismo punto y deformaciones longitudinales en la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento es significativa. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

### Pavimentos con tratamiento superficial

Los tratamientos superficiales dobles o triples se pueden utilizar como capas de revestimiento en las vías de circulación con tráfico moderado. Se fabrican por medio de la aplicación de capas bituminosas de ligante, sobre las que se aplican capas de agregados pétreos compactados. La granulometría de estos materiales debe estar estrictamente regulada para cumplir con los requisitos de las especificaciones técnicas del proyecto. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

La principal causa de la degradación del revestimiento es la formación de fisuras por fatiga y/o desgaste. Los tratamientos superficiales simples, solo deben usarse para la protección temporal de los materiales de base granulares mientras se construye el

revestimiento final, o para los puntos de acceso cuando el tráfico del proyecto es inferior al 1% sobre de las fajas de rodadura. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

### Pavimentos rígidos

El componente estructural principal en este tipo de pavimento, es la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P), la cual minimiza las tensiones en las capas inferiores, debido a su alta resistencia a la flexión, pero al generarse tensiones y deformaciones de tracción debajo de la losa, provocan fisuración de la losa por fatiga, al recibir una cierta cantidad de repeticiones de carga. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Por ello, la capa de la sub base, que se encuentra inmediatamente por debajo de las losas (C.C.P.), podrá ser de materiales cuya capacidad portante sea inferior a la requerida por los materiales para la capa base del pavimento flexible. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

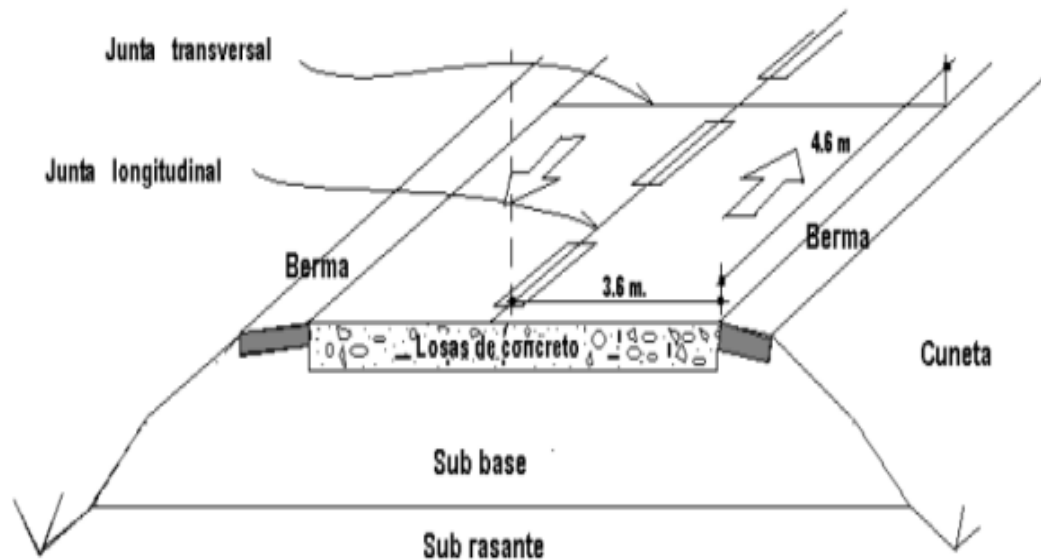
Según JAIME (2020) los pavimentos rígidos están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa de material seleccionado la cual se denomina sub base. Debido a la rigidez y alto módulo de elasticidad del concreto hidráulico, los pavimentos rígidos basan su capacidad estructural en las losas de hormigón, estas distribuyen las cargas en áreas grandes y se logra transmitir presiones al suelo de fundación en menor magnitud, por esta razón, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante.

Los pavimentos de hormigón armado continuo tienen armadura continua longitudinal y no tienen juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura



transversal se puede obviar en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que los de hormigón armado con juntas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas. (Structures, AASTHO GUIDE FOR Design of Pavement, 1993).

Gráfica 2. Estructura típica de un pavimento rígido



Fuente: (MONSALVE, GIRALDO, GAVIRIA, 2012)

### Pavimentos semirrígidos

A grandes rasgos, un pavimento semirrígido o compuesto es aquel en el que se combinan varios tipos de pavimento, es decir, pavimentos "flexibles" y "rígidos". Normalmente, la capa flexible se coloca por encima y la capa rígida se coloca debajo. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Una superficie de rodadura de concreto asfáltico y una capa de base de concreto tratada con cemento Portland a menudo se incluyen en la construcción de un pavimento compuesto. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

La capacidad del cemento Portland para estabilizar suelos mediante ligantes hidráulicos permite la producción de materiales lo suficientemente fuertes para la construcción de capas de base que puedan soportar cargas pesadas como camiones y aviones.(UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

#### Consideraciones sobre los suelos de fundación

La Universidad Mayor de San Simón, Bolivia, Facultad de Ciencias y Tecnología (2004), en el libro manual completo de diseño de pavimentos, afirma que: Los materiales elegidos para la cimentación de los pavimentos son de dos tipos claramente diferenciados, al igual que en casi todas las aplicaciones de la mecánica de suelos. El primer grupo está formado por lo que se conoce como materiales gruesos, como arenas, gravas, fragmentos de roca, etc. El segundo grupo está formado por suelos finos, cuyo arquetipo son los materiales arcillosos.

Se tiene conocimiento de que existe una gran diferencia de comportamiento que tienen los dos grupos de suelos, en relación a sus características de resistencia y deformación, estas diferencias suceden por la naturaleza de su composición y la estructura íntima que toman las partículas individuales o sus grumos, los suelos finos forman grupos compactos y bien familiares, en cambio los suelos gruesos adoptan formas vaporosas con grandes volúmenes de vacíos y ligas poco familiares en el caso de los finos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Al analizar los suelos gruesos como arenas y gravas, la deformación del conjunto por efecto de cargas externas solo puede ocurrir por ruptura y molienda de sus partículas o por acomodo brusco de partículas menores en los huecos que dejan entre sí las mayores. Para efectos prácticos en el diseño de carreteras, no se tiene en cuenta el fenómeno de la expansión de suelos gruesos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Si se considera la posibilidad de arrastres internos de partículas menores debido a la circulación de corrientes de agua interiores, que es poco común en las carreteras, los suelos gruesos son altamente resistentes al agua. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Como resultado, si el suelo rocoso está compuesto por partículas mineralógicamente sanas, tendrá una alta resistencia a las fuerzas de corte. Esta resistencia se basa en mecanismos de fricción interna de las partículas del suelo o la resistencia que evita que las partículas se deslicen entre sí, se depende por consiguiente de la fricción interna y de su dureza. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Las leyes de fricción establecen, que, para cualquier solicitud se cumple, a mayor presión sobre el conjunto de partículas por las cargas exteriores, la resistencia del conjunto aumenta. Ciertamente, cualquier aumento en la compactación del conjunto redundante o trae consigo un aumento en su resistencia intrínseca y al reacomodo. En caso de producirse algún deslizamiento o reacomodo entre partículas, debido a esfuerzos elevados, la deformación ocasionada es de magnitud relativamente pequeña. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Las características de resistencia y difícil deformabilidad de un material de esta naturaleza, bien compactado permanecen constantes con el tiempo y son muy poco dependientes del contenido de agua del material con el tiempo. El desempeño estructural de las carreteras se beneficia de estas características. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Los suelos finos y arcillosos tienden a adoptar estructuras internas abiertas con grandes volúmenes de vacíos, lo que les confiere una capacidad de deformación significativamente mayor. Si se aplica presión a superficies delgadas y saturadas, puede desencadenar un fenómeno llamado consolidación, que hace que escape el agua

que se ha acumulado entre las superficies. Esto se traduce en una reducción del volumen de la superficie, lo que provoca deformaciones que repercuten en la estabilidad del pavimento. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

En los suelos delgados parcialmente saturados, en los cuales interactúan tres fases, partículas sólidas, agua y aire, la presión externa provoca deformaciones que disminuyen los vacíos y transmiten la presión al agua interna, que luego se desplazará hacia el exterior y provocará grandes distorsiones volumétricas. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Al cesar la presión externa y absorber agua, las estructuras precomprimidas tienden a disipar los estados de tensión superficial actuantes entre el agua que ocupaba parcialmente los vacíos y las partículas cristalinas del suelo, liberan energía que permite que las estructuras sólidas precomprimidas se expandan. Como resultado, los suelos arcillosos son muy propensos a la compresión bajo cargas y a la expansión cuando al cesar la acción de cualquier carga exterior. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

En cualquier situación, la estabilidad volumétrica de los suelos finos se ve amenazada. Existen dos grandes deformaciones volumétricas que pueden ocurrir: de compresión debido al gran volumen de vacíos del suelo y el escape del agua interior como resultado de cargas externas, o de expansión, debido a la succión interna, que hace, que la superficie sólida de la estructura se expanda y absorba agua del exterior. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004)

La naturaleza del suelo arcilloso, según sus propiedades, determina la magnitud de estos fenómenos (compresión de una estructura bajo carga externa o expansión de una estructura precomprimida por liberación de presión externa y absorción de agua). (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

El comportamiento de interrelación de las partículas y los grumos se ve afectado por este cambio en la naturaleza físico-química y mineralógica. Esto provoca diferencias significativas en la relación de vacíos o vaporosidad de su estructura interna. Algunas arcillas tienen una relación de vacíos de 2, 3 o 4 (el volumen de vacíos es 2, 3 o 4 veces mayor que el volumen de los sólidos), lo que indica una mayor capacidad de deformación volumétrica. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Por razones estructurales, las arcillas se agregan a los suelos que se utilizan en las carreteras, para después ser compactadas. Esto los convierte en precompactados, por lo que estarán sujetos a procesos de absorción y/o expansión de agua externa en mayor medida cuanto más intensamente hayan sido compactados. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Indudablemente, debe haber alguna compactación inicial, pero siempre ocurrirá que cuanto mayor sea la compactación inicial, mayor será el potencial de succión comunicado y, en consecuencia, mayor el potencial de expansión provocado por la absorción de agua; esto, a su vez, dará como resultado el desarrollo de un suelo inestable que se deforma fácilmente por la compresión de cualquier nueva carga. Esta deformación tendrá un "efecto de acordeón", con resultados sumamente perjudiciales para la carretera. Por estas consideraciones es muy delicado el proceso de compactación de suelos finos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Estos factores resaltan la importancia del proceso de compactación del suelo suelto. El camino se volverá inestable si no se cumplen las condiciones iniciales adecuadas, pero si la compactación excede un cierto límite y los materiales están en contacto con agua exterior que fluye libremente, el camino también se volverá inestable con el tiempo. Debido a su alto porcentaje de expansión al contacto con el agua, generalmente no se recomienda utilizar material arcilloso como base para suelos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Los factores anteriores llevan a la conclusión de que los suelos arcillosos son indeseables en cualquier capa de la sección estructural del pavimento, así como en el cuerpo general de las carreteras. Pero debe haber una cantidad mínima y un manejo cuidadoso de los suelos finos debido a consideraciones estructurales y económicas. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

En otras palabras, el material deseado para construir carreteras está compuesto por arena gruesa, pero eliminar toda la arena fina sería antieconómico e innecesario. En cambio, sería necesario que convivieran con una cierta cantidad de estas arenas finas, se toma en cuenta que cuanto más abajo se ubiquen, menor será el impacto de la carga de los autos, se hace menos objetable su presencia. En conclusión, es necesario contar con suelos tanto gruesos como finos para poder realizar mezclas homogéneas. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Por lo tanto, la tecnología tradicional requiere el uso de suelos gruesos casi puros en las capas de base y sub base del pavimento, así como la aceptación de contenidos crecientes de suelos finos en terracerías y sub rasantes. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

No es factible eliminar por completo la presencia de suelos finos en la parte estructural de una carretera debido a razones económicas, sin embargo, es importante tener en cuenta que los contenidos relativamente pequeños de arcilla forman parte de una matriz de suelo grueso, lo que hace que la matriz sea compresible y expansiva. La actividad de la arcilla determina el límite del contenido de finos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

El contenido de finos generalmente se controla al limitar el porcentaje de partículas que pasan el tamiz No. 200, ya que los análisis requeridos para determinar la actividad de los suelos arcillosos hacen prácticamente imposible investigar la naturaleza de los

finos dentro del proceso industrial de construcción de carreteras. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

La investigación realizada en la tecnología de la mecánica del suelo demuestra las grandes diferencias que produce la inclusión de finos arcillosos en una matriz de gravas utilizadas en bases y sub bases de pavimentos asfálticos, depende de la actividad y naturaleza de las arcillas incorporadas. También demuestra que los contenidos de finos por debajo del 10% del total no tienen un impacto significativo en la resistencia y deformabilidad de los pavimentos asfálticos. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Los contenidos de materiales arcillosos en el orden del 12% ya provocan un comportamiento similar al de un suelo fino, mientras que los contenidos superiores a ese valor hacen que el suelo sea extremadamente indeseable. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

Como resultado, en cualquier matriz de suelo grueso utilizado en las capas superiores de una carretera (bases y sub bases), el contenido de materiales finos que pasan el tamiz No. 200 no debe exceder el 10%. En las carpetas asfálticas, este valor debe reducirse a la mitad. Además, debe tenerse en cuenta que los procesos típicos de trituración aportarán al menos un 4 o 5 % de partículas finas a la fracción gruesa. Por lo tanto, el contenido de materiales puramente arcillosos debe reducirse en la misma proporción. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

En las carreteras más ocupadas, los contenidos de finos que pasan el tamiz No. 200 hasta un porcentaje del 15% pueden tener una mayor tolerancia, en las sub rasantes y en las carreteras menos ocupadas puede haber una tolerancia hasta del 25%, un porcentaje mayor de los tolerados en las sub rasantes, provocará deformaciones a la hora de compactar. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

El índice de plasticidad de la fracción que pasa la malla No. 40 también debe medirse para controlar el contenido de materiales finos y sus efectos en las secciones estructurales de las carreteras. En bases y sub bases, el valor del límite líquido no debe ser superior al 25 % y 30 %, respectivamente, y en sub rasantes no debe ser superior al 50 %. (UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología), 2004).

### Pavimento Flexible

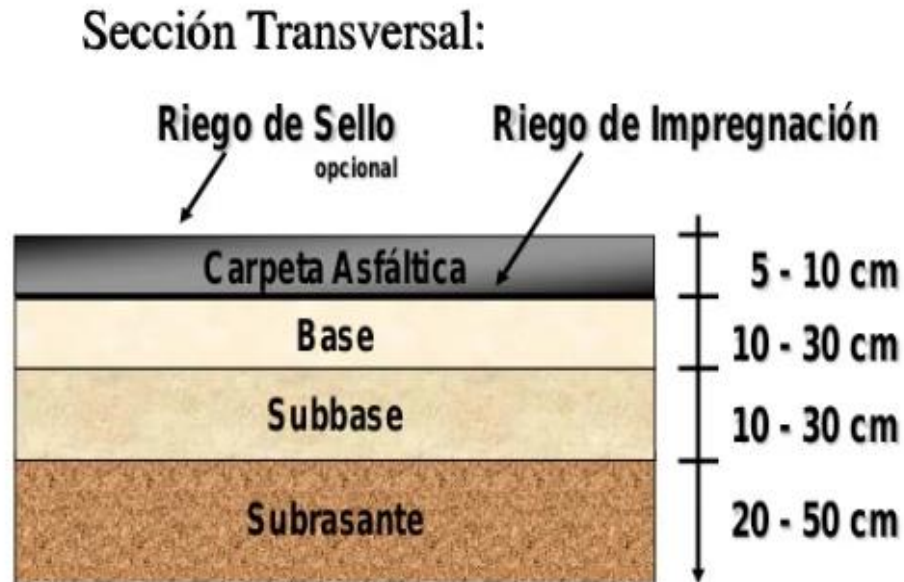
Según MONTEJO (2002) indica que: los pavimentos flexibles están formados por una capa de asfalto, también conocida como carpeta asfáltica, que se apoya generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. Sin embargo, es posible prescindir de cualquiera de estas capas, depende de las necesidades específicas de cada obra o diseño que se ha desarrollado en función de los estudios realizados y las especificaciones, para cumplir con las funciones para las que se creó.

Según TAPIA (2013) afirma que: Los pavimentos flexibles también se conocen como pavimentos asfálticos porque tienen una capa de rodamiento hecha de una mezcla asfáltica. En comparación con los pavimentos rígidos, son más económicos y más fáciles de construir al principio. Sin embargo, tienen la desventaja de que necesitan mantenimiento regular para mantener su vida útil, ya que las filtraciones de agua pueden ser muy dañinas durante todo el tiempo para el que fueron diseñados.

TAPIA (2013), también indica que, el aumento en la cantidad y la intensidad de las cargas ha llevado a la creación de pavimentos con mayor resistencia estructural. Para ello, se utilizaron capas tratadas o estabilizadas con cemento o mezclas asfálticas de gran espesor, como las conocidas como capas de profundidad completa, con espesores de alrededor de 30 cm. Debido a que tienen capas asfálticas en su superficie, estos pavimentos suelen clasificarse en el tipo de pavimentos flexibles, aunque su comportamiento estructural es muy diferente.



Gráfica 3. Sección transversal de un pavimento flexible



Fuente: (GIORDANI. LEONE, 2018).

### Funciones de las capas de un pavimento flexible

#### La sub base granular

**Función económica.** El espesor total requerido para que el nivel de esfuerzo en la sub rasante sea igual o menor que su propia resistencia puede ser construido con materiales de alta calidad. Sin embargo, es preferible distribuir las capas más especializadas en la parte superior y colocar la capa de menor calidad, que a menudo es la más barata, en la parte inferior del pavimento. Esta capa tiene una función económica importante. El uso de esta solución podría resultar más costoso a pesar de aumentar el espesor del pavimento en su conjunto. (MONTEJO, 2002).

**Capa de transición.** La sub base debe estar bien diseñada para evitar que los materiales que componen la base se mezclen con la sub rasante. Además, actúa como un filtro

de la base, lo que evita que los finos de la sub rasante contaminen la base y la deterioren.(MONTEJO, 2002).

Disminución de las deformaciones. La capa sub base puede absorber ciertos cambios en el volumen de la capa de sub rasante, que suelen estar relacionados con cambios en el contenido de agua (expansiones) o cambios extremos de temperatura (heladas), lo que evita que estas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento. (MONTEJO, 2002).

Resistencia. Los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores deben transferirse a un nivel adecuado a la sub rasante para que la sub base pueda soportarlos. (MONTEJO, 2002).

#### La base granular

Resistencia. La base granular de un pavimento es fundamental para proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito a la sub base y la sub rasante en una intensidad adecuada. Los materiales que la constituyen deben ser de mejor calidad que los de la sub base. (MONTEJO, 2002).

Función económica. La función económica de la base en relación a la carpeta asfáltica es similar a la de la sub base con relación a la base, debido a la consistencia de sus componentes. (MONTEJO, 2002).

#### Carpeta

Superficie de rodamiento. La carpeta debe tener una superficie uniforme, estable, de buena textura y color conveniente y que resista los impactos abrasivos del tránsito. (MONTEJO, 2002).

Impermeabilidad. A la medida de lo posible, debe evitar que el agua ingrese al pavimento. Si no se logra sellar al momento de la colocación y compactación, quedará expuesta a la filtración de agua y provocará un envejecimiento prematuro de la carpeta asfáltica. (MONTEJO, 2002).

Resistencia. La capacidad estructural del pavimento se ve reforzada por su resistencia a la tensión. (MONTEJO, 2002).

#### Metodología de diseño de pavimentos flexibles

Según FIUBA (2018) dice que: para calcular los espesores de un pavimento, así como dimensionar todas las estructuras de ingeniería, es necesario realizar un análisis de la carga que va a actuar (estudio de tráfico), conocer la resistencia de los materiales utilizados y estudiar la base sobre la que se apoya el conjunto (estudio geotécnico).

El diseño de un pavimento se compone principalmente de dos componentes: a) el diseño de las mezclas y materiales a utilizar; y b) el diseño estructural o dimensionamiento de los componentes. (FIUBA, 2018).

Aunque son distintos, ambos aspectos deben abordarse juntos. El cálculo del espesor de un pavimento dependerá de la resistencia de las capas estructurales, la cual está directamente relacionada con las características de los materiales y mezclas utilizados en su construcción. (FIUBA, 2018).

El proyecto de un pavimento no se limita a especificar los espesores de las diferentes capas que componen la estructura, sino que también incluye especificaciones técnicas que determinan los requerimientos de las mezclas a utilizar y la forma en que se llevarán a cabo los procedimientos constructivos para cumplir con estos requisitos. (FIUBA, 2018).

## Factores que intervienen en el cálculo de espesores

Los pavimentos están diseñados para mantener un comportamiento económico durante una larga vida útil. Para encontrar el diseño con el costo anual más bajo, se deben analizar varios factores. Estos factores son: (FIUBA, 2018).

- a) Tránsito al considerar las cargas por eje o rueda y su frecuencia. (FIUBA, 2018).
- b) Resistencia de los materiales. (FIUBA, 2018).
- c) Sub rasante. (FIUBA, 2018).
- d) Drenaje. (FIUBA, 2018).
- e) Acción de las heladas. (FIUBA, 2018).
- f) Vida útil para el diseño. (FIUBA, 2018).

## Tránsito

El peso y el número de vehículos que circularán durante la vida útil del pavimento, deben tomarse en cuenta en el análisis de las cargas actuantes. A pesar de que estos números cambian con el tiempo, es imposible obtener información precisa sobre ellos. Sin embargo, se pueden hacer proyecciones o estimaciones basándose en hipótesis que sean más o menos apropiadas para la situación actual. Es muy importante poder contar con estudio de tránsito, que consiste en obtener un conteo de los vehículos con sus cargas, que transitan por una vía determinada. (FIUBA, 2018).

Aunque inicialmente se consideraron las cargas máximas, se ha descubierto la importancia de la repetición de cargas y el impacto de la fatiga en la falla de los pavimentos. El ancho del pavimento está determinado por el volumen y el tipo de tránsito, mientras que el peso y la frecuencia de las cargas de los ejes o ruedas de los vehículos determinan el espesor y otras características del diseño estructural. (FIUBA, 2018).

## Resistencia de los materiales

El método más crucial de trabajo debe utilizarse para determinar la resistencia de los materiales que intervienen en la estructura. Si los materiales de base son de tipo granular y pueden verse afectados por la presencia de agua de la napa, el ensayo debe realizarse en condiciones de humedad para estar seguros de que los materiales cumplirán con su propósito original. (FIUBA, 2018).

Los ensayos de durabilidad deben complementar los ensayos de resistencia para poder garantizar la permanencia de sus propiedades en el tiempo. (FIUBA, 2018).

Dado que la resistencia de los materiales plasto-elásticos varía significativamente, las mezclas asfálticas deben tener en cuenta las temperaturas de servicio. (FIUBA, 2018).

Se puede proceder al dimensionado del pavimento basándose en los resultados de la resistencia de los materiales, a los que se les aplican coeficientes de seguridad apropiados para el tipo de estructura que tenemos, al conocer las tensiones a las que se encuentra sometido. (FIUBA, 2018).

## Sub rasante

En las condiciones más críticas de servicio, el estudio de la fundación debe realizarse de la misma manera que se hace con las capas de rodamiento, base y sub base. Cuando no hay cimentación, los métodos y pruebas que se utilizan para investigar la sub rasante son los mismos que se utilizan para investigar los materiales de sub base y base. (FIUBA, 2018).

El primer paso es determinar el grado de compactación y el porcentaje de humedad que se utilizará, y luego realizar los ensayos en estas condiciones. Para lograr un buen

comportamiento general de la estructura, una densificación adecuada de la sub rasante es necesaria para evitar el posterior asentamiento por consolidación. (FIUBA, 2018).

## Drenaje

El drenaje adecuado del pavimento, tanto superficial como subterráneo, merece una consideración especial. Las cunetas o los desagües pluviales deben usarse para eliminar el agua superficial. En lo que respecta al drenaje subterráneo, es importante tomar precauciones para asegurarse de que el nivel de la tierra se encuentre suficientemente alejado del pavimento. En caso contrario, se debe utilizar capas drenantes que sean menos susceptibles a la presencia de agua para evitar que el agua llegue a saturar las capas de pavimento. (FIUBA, 2018).

Para lograr este objetivo, en ciertas situaciones es recomendable extender capas de arena bastante gruesas o utilizar capas de suelo drenantes e impermeables para reducir la capilaridad y facilitar la compactación. (FIUBA, 2018).

## Acción de las heladas

Las heladas tienen dos consecuencias perjudiciales para los pavimentos.: (FIUBA, 2018).

- a) El pavimento se levanta debido a la presión que ejerce el mayor espacio que ocupa el agua congelada. (FIUBA, 2018).
- b) El agua de deshielo produce ablandamiento de la sub rasante. (FIUBA, 2018).

Evite la presencia de agua hasta las profundidades de penetración de la helada para ponerse del lado de la seguridad del efecto destructivo. Dado que la transmisión de calor en estos materiales no es instantánea, la profundidad de penetración depende de

la temperatura bajo el punto de congelamiento y del tiempo que se mantiene la temperatura. Solo en áreas con clima severo durante largos períodos de tiempo surgen problemas de este tipo debido a esta situación. (FIUBA, 2018).

Los suelos finos con alta capilaridad y baja cohesión, como los suelos limosos y limo-arenosos, son los más susceptibles. Los suelos arcillosos y las arenas son menos susceptibles. (FIUBA, 2018).

En climas donde las heladas penetran a profundidades que afectan las capas de la estructura y la sub rasante, es necesario construir las primeras con materiales que no sean sensibles y, en el caso de la sub rasante, se deben reemplazar los suelos que no sean aptos para la penetración de la helada. Por suerte, en comparación con algunos países, este problema no es significativo en nuestro país. (FIUBA, 2018).

#### Vida útil para el diseño

Es importante tener en consideración, la vida útil para la cual se va a diseñar un proyecto.

Al respecto FIUBA (2018), dice que: al conocer las condiciones del tránsito, por medio de la información recopilada del tráfico promedio diario, el pavimento puede ser diseñado para la vida de servicio que se desee. Debe establecerse el volumen y peso del tránsito futuro previsible, basado en la cantidad de años o vida útil, para los cuales se desee diseñar el proyecto.

Las vidas útiles de los pavimentos flexibles suelen ser de 15 a 20 años. (FIUBA, 2018).

Existe una variedad de enfoques para el diseño de pavimentos flexibles: (FIUBA, 2018).

a) El método Porter, también conocido como el Valor Soporte California (CBR): este método fue creado en California por Porter y se clasifica como un método empírico. El autor tenía como objetivo principal encontrar un método que, al considerar las características de los materiales y su flujo, fuera lo suficientemente sencillo para ser empleado tanto en el laboratorio durante el desarrollo del proyecto como en la construcción, para llevar a cabo un control de construcción efectivo. El método ofrece un proceso simple para determinar los espesores de diseño equivalentes de la sección estructural del pavimento. (FIUBA, 2018).

b) Método del Instituto del Asfalto de los EEUU (AASHTO): es un enfoque empírico que se basa principalmente en investigaciones estadísticas de correlación. Su forma original ha sido modificada varias veces, pero su forma actual se basa principalmente en la correlación establecida con los resultados de los caminos experimentales AASHTO. AASHTO. (FIUBA, 2018).

La investigación se ha enfocado en el uso de espesores totales de mezcla bituminosa de tipo concreto asfáltico (de profundidad total), sin embargo, para el uso de otros materiales de base se proporcionan coeficientes de equivalencia que permiten diseñar alternativas y elegir la solución técnica más económica. (FIUBA, 2018).

c) Método SHELL: Para el diseño de pavimentos flexibles, el equipo de investigación de Shell creó el método, que se basa en las curvas o gráficas Shell de 1963. La teoría de capas y las ecuaciones de Burminster se han utilizado para calcular los valores más importantes de las tensiones a las que está expuesta la estructura. Además, se ha utilizado un análisis basado en criterios de diseño. (FIUBA, 2018).

Diseño geométrico de pavimentos

CÁRDENAS (2013) dice que: en particular, el diseño geométrico de carreteras es el



proceso de correlación entre sus componentes físicos y las características de operación de los vehículos al utilizar matemáticas, física y geometría. El trazado del eje en planta, el perfil y la sección transversal de la carretera lo definen geoméricamente.

El diseño geométrico en planta de una carretera, también conocido como alineamiento horizontal, es la proyección de su eje real o espacial sobre un plano horizontal. El eje horizontal se compone de una serie de tramos rectos, conocidos como tangentes que están conectados entre sí por curvas. El alineamiento horizontal deberá diseñarse de modo que permita la circulación continua de vehículos y que puedan mantener una velocidad constante en la mayor longitud de la carretera. (CÁRDENAS, 2013).

Según AGUDELO (2002), Para lograr los valores mínimos y máximos de los diversos parámetros y elementos que conforman la geometría de una vía, se debe establecer una velocidad de diseño en función de criterios técnicos y económicos al iniciar el diseño de la vía.

El tipo de terreno, las características del tránsito, el tipo de vía y la disponibilidad de recursos económicos son los principales factores que determinan una velocidad de diseño adecuada. También se definen elementos como el radio de curvatura mínimo, el peralte máximo, la pendiente máxima, las distancias de visibilidad y la sección transversal, entre otros. (AGUDELO, 2002).

El alineamiento horizontal está formado por una serie de líneas rectas, cada una de las cuales está definida por una línea preliminar, conectadas por curvas circulares o curvas de diferente grado de curvatura para permitir una transición segura y suave de líneas rectas a líneas curvas o viceversa. Los tramos rectos que quedan después de usar curvas de enlace se denominan tramos en tangente y pueden ser nullos, es decir, que una curva de enlace quede completamente unida a la siguiente. Esto se conoce como tramos rectos. (AGUDELO, 2002).

Se requieren curvas para cambiar la dirección de un alineamiento horizontal. Esto cambia el rumbo de la vía y la acerca o aleja del rumbo general necesario para unir el punto inicial con el final. Se requieren seis razones distintas para llevar a cabo este cambio de dirección: (AGUDELO, 2002).

Topográfico: se debe evitar cortes o rellenos exagerados, para minimizar costos y prevenir tener taludes inestables en los cortes y rellenos, para poder lograrlo debemos Con el fin de adaptar el alineamiento a la topografía del terreno.(AGUDELO, 2002).

Construcciones existentes y futuras: se debe tratar de enfocar el trazo de la línea de construcción de un proyecto, con el objetivo de evitar destruir construcciones o instalaciones que tienen los terrenos por donde pasa la carretera. (AGUDELO, 2002).

Hidráulico: Permite que se pueda cruzar una corriente de agua por medio de una estructura (puente) y que se construya en un lugar adecuado o ponteadero. Se denomina "ponteadero" al lugar donde la construcción del puente en referencia resulta más económica y estable se debe tomar en cuenta todas las variables hidráulicas, de cimentaciones, de diseño estructural, de alineamientos de vía, etc. (AGUDELO, 2002).

Vial: su propósito es reducir la dificultad para los usuarios al cruzar con cualquier otra vía terrestre (carretera, ferrocarril, etc.) que atraviese la ruta planificada, ya sea a nivel o en desnivel. (AGUDELO, 2002).

Técnico: cuando se desea evitar un área con problemas geológicos o geotécnicos, y cuya solución podría ser demasiado costosa o compleja. (AGUDELO, 2002).

Geométrico: Para evitar tangentes demasiado largas que pueden causar inseguridad, especialmente en temperaturas extremas. Es preferible utilizar curvas amplias de largo

radio en lugar de tangentes grandes que excedan los 1.5 kilómetros. (AGUDELO, 2002)

### Curvas circulares simples

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes continuas o elementos rectos del alineamiento horizontal, conforman la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Como resultado, las curvas reales del espacio no siempre son circulares. (CÁRDENAS, 2013).

Es posible crear una variedad de arcos circulares con un radio que oscile entre cero metros y un valor que elimine el tramo en tangente correspondiente a la recta más corta para conectar dos rectas finitas en una dirección diferente. El diseñador de la vía elige el radio para una velocidad de diseño específica, en función de las condiciones topográficas del sitio y las restricciones que imponen las leyes de la mecánica del movimiento de los vehículos en una curva. (AGUDELO, 2002).

El radio de una curva está condicionado por las tangentes disponibles, además de las condiciones topográficas y la velocidad de diseño. Las tangentes aumentan con el radio de la curva. En el momento de definir el radio de una curva, es fundamental tener en cuenta la uniformidad, ya que lo ideal es que el valor asumido no difiere demasiado de los valores ya especificados para evitar cambios bruscos en la velocidad, que repercuta en incomodidad para el usuario de la carretera (AGUDELO, 2002).

En la mayoría de los casos, cambiar el tipo de terreno requiere un cambio en la velocidad de diseño. Si el cambio es mayor de 20 km/h, es necesario establecer un tramo de transición que permita a los conductores adaptarse de manera segura al cambio de curvatura. (AGUDELO, 2002).

## Elementos geométricos que caracterizan una curva circular simple

En la Ilustración 4 aparecen los diferentes elementos geométricos de una curva circular simple. Al tomar la dirección de marcha de izquierda a derecha, los elementos son: (CÁRDENAS, 2013).

PI = Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva. (CÁRDENAS, 2013).

PC = Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva. (CÁRDENAS, 2013).

PT = Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida. (CÁRDENAS, 2013).

O = Centro de la curva circular. (CÁRDENAS, 2013).

$\Delta$  = Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal. Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC\*PT. (CÁRDENAS, 2013).

R = Radio de la curva circular simple. (CÁRDENAS, 2013).

T = Tangente o subtangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT. (CÁRDENAS, 2013).

L = Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas. (CÁRDENAS, 2013).

CL = Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT. (CÁRDENAS, 2013).

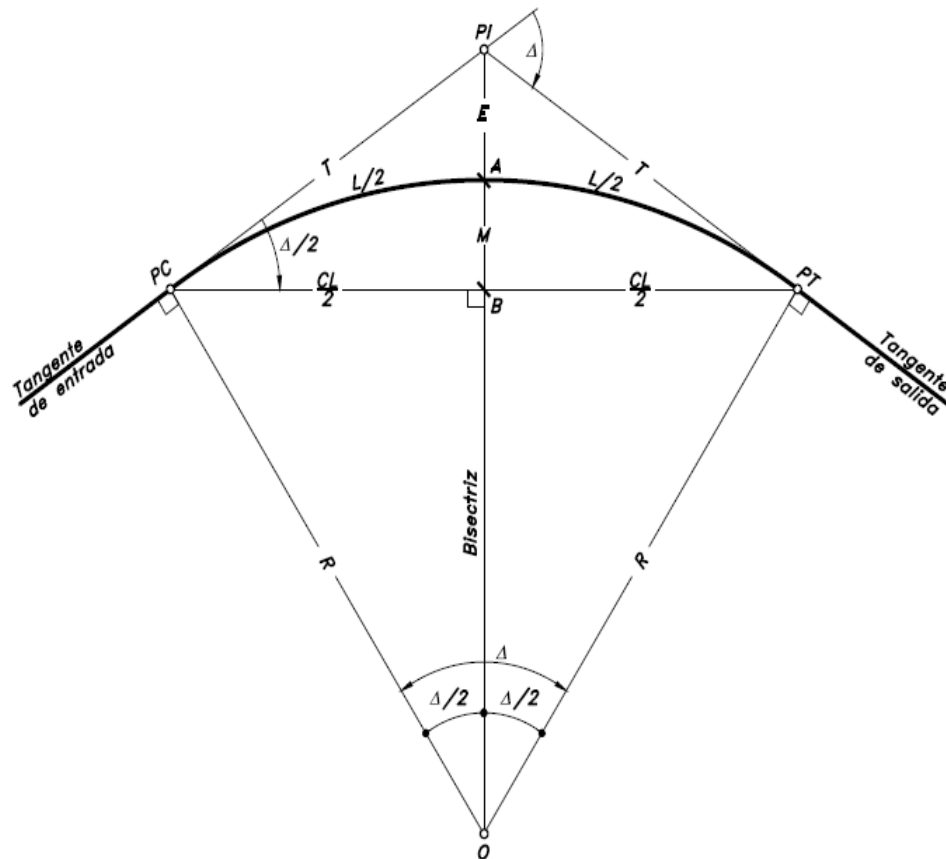
E = Externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A. (CÁRDENAS, 2013).

M = Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B. (CÁRDENAS, 2013).

Una curva circular es aquella que su grado de curvatura es constante. El ángulo de deflexión, que se mide entre un alineamiento y la extensión del alineamiento anterior, es el ángulo central de la curva necesario para entrelazar los dos alineamientos geométricos, es uno de los elementos conocidos para definir una curva circular. (AGUDELO, 2002).

El punto de tangencia entre el círculo y la recta, que corresponde al principio de la curva, se denomina PC y el punto de tangencia donde termina la curva es el PT. (AGUDELO, 2002).

Gráfica 4: Componentes geométricas de una curva circular simple



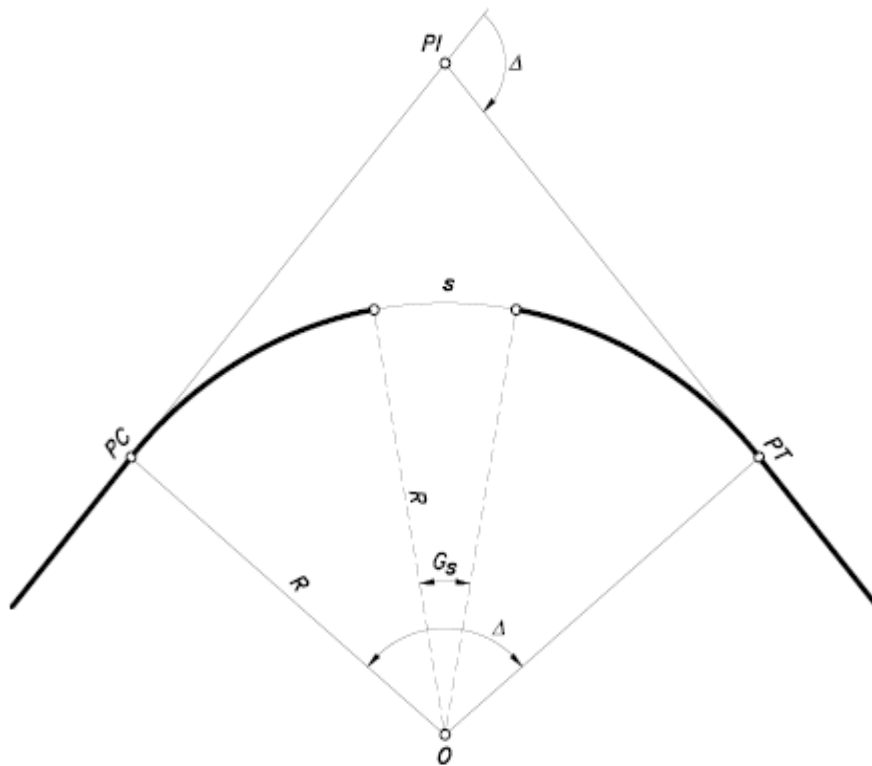
Fuente: (CÁRDENAS, 2013).

Se llama tangente, T, al segmento PI-PC, que es igual al segmento PI - PT. Si se trazan las normales a la poligonal en el PC y en el PT se interceptarán en el punto O, centro de la curva. El ángulo PC.O.PT es igual al ángulo de deflexión delta. De la figura se deduce que los ángulos PC.O.PI y PT.O.PI son iguales y equivalentes a  $\Delta/2$ . (AGUDELO, 2002).

## Expresión de la curvatura de una curva circular simple

El radio  $R$  o el grado  $G$  de un arco circular determinan su curvatura. El valor del ángulo central subtendido por un arco o cuerda de una longitud determinada, conocidos como arco unidad  $s$  o cuerda unidad  $c$ , se conoce como grado de curvatura  $G$ . La unidad de arco o cuerda normalmente es de 5, 10 y 20 metros en nuestro medio. (CÁRDENAS, 2013).

Gráfica 5. Curvatura por el sistema arco grado



Fuente: (CÁRDENAS, 2013).

Antes de la llegada de las calculadoras portátiles, el cálculo de las curvas se basaba en tablas que indicaban el radio de cada uno de los grados y dependían de la cuerda

empleada. Por esta razón se utilizaban antes grados redondeados. En la actualidad, no se requieren estas tablas, ya que se pueden utilizar grados de curvatura en minutos y segundos. Más aún, el I.N.V. ha eliminado el uso del grado de curvatura dentro del diseño geométrico de una vía debido específicamente al uso de la computadora y los recientes equipos de topografía que permiten localizar una curva de varias formas sin utilizar la cuerda. (AGUDELO, 2002).

Matemática y geoméricamente, se sabe que la curvatura de una curva es inversa al radio, esto es, a mayor curvatura menor radio y a menor curvatura mayor radio. Esta curvatura se expresa de la siguiente forma: (CÁRDENAS, 2013).

Curvatura =  $1/R$  (CÁRDENAS, 2013).

#### Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas estas tienen diferente radio y están constituidas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido. (CÁRDENAS, 2013).

Aunque no son muy comunes, se pueden utilizar en terrenos montañosos cuando se desea que la carretera se ajuste lo más posible a la forma del terreno o topografía natural, se reduce el movimiento de tierras. También se pueden usar cuando hay restricciones de libertad de diseño, como en puentes, pasos a desnivel e intersecciones (CÁRDENAS, 2013).

#### Curvas circulares compuestas de dos radios

Los elementos geoméricos de una curva circular compuesta de dos radios, definidos como: (CÁRDENAS, 2013).

O<sub>2</sub> = Centro de la curva de menor radio. (CÁRDENAS, 2013).

$\Delta$  = Ángulo de deflexión principal. (CÁRDENAS, 2013).

$\Delta_1$  = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio. (CÁRDENAS, 2013).

$\Delta_2$  = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio. (CÁRDENAS, 2013).

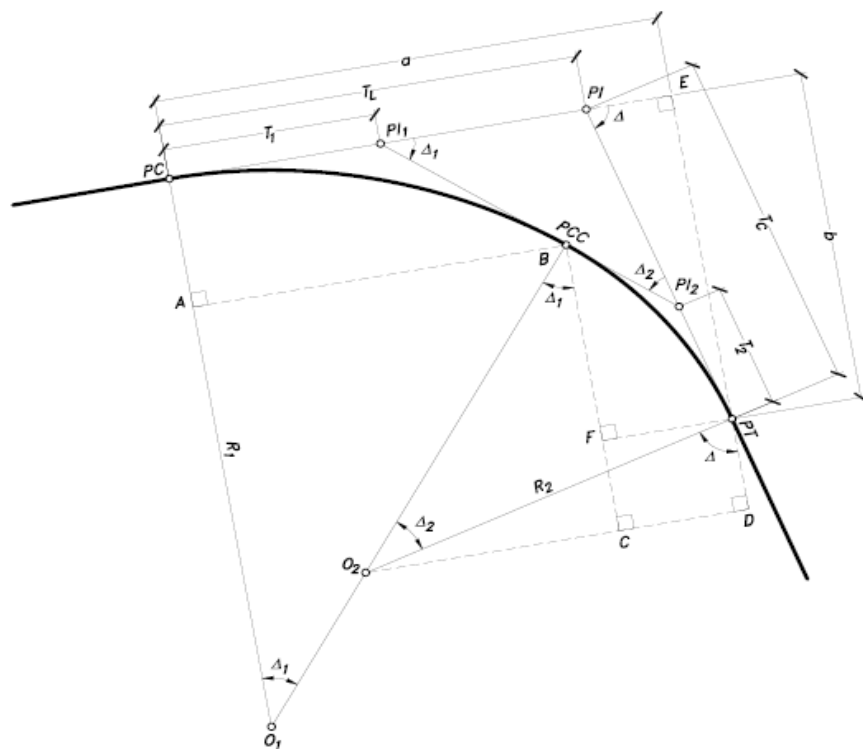
$T_1$  = Tangente de la curva de mayor radio. (CÁRDENAS, 2013).

$T_2$  = Tangente de la curva de menor radio. (CÁRDENAS, 2013).

$T_L$  = Tangente larga de la curva circular compuesta. (CÁRDENAS, 2013).

$T_C$  = Tangente corta de la curva circular compuesta. (CÁRDENAS, 2013).

Gráfica 6. Curva circular compuesta de dos radios



Fuente: (CÁRDENAS, 2013).

Cada curva circular simple tiene sus propios elementos geométricos que se calculan de manera independiente, se utilizan las expresiones para curvas circulares simples deducidas anteriormente. (CÁRDENAS, 2013).



## Velocidad de diseño

El elemento indispensable para el diseño geométrico de una carretera, es la velocidad, ya que es el factor de cálculo de la gran cantidad de los diferentes componentes del proyecto. (CÁRDENAS, 2013).

Se debe estudiar, regular y controlar la velocidad para crear un equilibrio ideal entre el conductor, el vehículo y la carretera para garantizar la seguridad en todo momento. (CÁRDENAS, 2013).

La velocidad de diseño o de proyecto de un tramo de carretera es la velocidad de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad. Por lo tanto, es solo una pequeña referencia. (CÁRDENAS, 2013).

La máxima velocidad segura y cómoda que se puede mantener en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables que las características geométricas de la vía predominan se conoce como velocidad de diseño. (CÁRDENAS, 2013).

Los elementos geométricos de los alineamientos horizontales, de perfil y transversales, como los radios mínimos, las distancias de visibilidad, los peraltes, las pendientes máximas, los anchos de los carriles y las bermas, las anchuras y las alturas libres, etc., dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de la misma. (CÁRDENAS, 2013).

La velocidad de diseño varía según la importancia o categoría de la futura carretera, la configuración topográfica del terreno, los usos de la tierra, el servicio que se quiere ofrecer, las consideraciones ambientales, la homogeneidad a lo largo de la carretera,

las facilidades de acceso (control de acceso), la disponibilidad de recursos económicos y las facilidades de financiamiento. (CÁRDENAS, 2013).

Al planificar un tramo de camino, es importante mantener un valor constante para la velocidad de diseño. No obstante, los cambios significativos y sus restricciones pueden requerir la utilización de velocidades de diseño distintas para varios segmentos. (CÁRDENAS, 2013).

La seguridad de los usuarios debe ser el factor más importante al determinar la velocidad de diseño. Por lo tanto, el diseño del trazado debe tener una velocidad adecuada para que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar el recorrido con seguridad. (CÁRDENAS, 2013).

Para garantizar la consistencia en la velocidad, el diseñador debe identificar áreas homogéneas a lo largo del corredor de ruta a las que se les pueda asignar una misma velocidad debido a las condiciones topográficas. La velocidad de diseño del tramo homogéneo, o VTR, es la base para describir las características de los elementos geométricos en ese tramo. (CÁRDENAS, 2013).

Para reconocer los tramos homogéneos y fijar su velocidad de diseño,  $V_{TR}$ , se debe poner en práctica los dos criterios siguientes: (CÁRDENAS, 2013).

- a) La longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño proporcionada debe ser de 3 kilómetros para velocidades entre 20 y 50 Km/h y de 4 kilómetros para velocidades entre 60 y 110 Km/h, correspondientemente. (CÁRDENAS, 2013).
- c) La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos inmediatos no debe exceder de 20 Km/h. (CÁRDENAS, 2013).

Basado en lo descrito anteriormente, si por un cambio marcado en el tipo de terreno en un corto sector del recorrido de la ruta, se hace necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su velocidad de diseño con la de los tramos adyacentes no puede ser mayor de 10 Km/h. (CÁRDENAS, 2013).

En el cuadro 4 están establecidos los rangos de las velocidades de diseño que se deben usar en función del tipo de terreno y la categoría de la carretera.

Cuadro 4. Velocidades de diseño de tramos homogéneos, VTR

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: (CÁRDENAS, 2013).

### Velocidad Específica

Si bien, la velocidad de diseño o proyecto es el parámetro fundamental e inicial del diseño geométrico, se elige cuidadosamente y se debe tomar en cuenta las características físicas de la carretera y su entorno, así como la velocidad a la que operarán los conductores. Este factor también afecta a los parámetros geométricos mínimos. (CÁRDENAS, 2013).

Es imposible suponer que los conductores siempre operarán sus vehículos a la misma velocidad, por lo que es necesario estimar las velocidades de operación que pueden desarrollarse a lo largo de cada uno de los elementos del alineamiento y diseñar en correspondencia a las velocidades, para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía. (CÁRDENAS, 2013).

Las velocidades específicas de los elementos geométricos, como las curvas de la planta, se pueden utilizar como una primera aproximación a las velocidades de operación. Estas velocidades se derivan de las características geométricas resultantes con base en los mismos criterios de seguridad y comodidad considerados para la aplicación de la velocidad de diseño. (CÁRDENAS, 2013).

Se puede indicar, que la velocidad específica de una determinada curva, con radio superior al mínimo. que corresponde a la velocidad de diseño del tramo, será equivalente a la velocidad de diseño que tenga asociado como mínimo ese radio. (CÁRDENAS, 2013).

En consecuencia, la velocidad específica de un elemento de diseño, es la máxima velocidad que se puede mantener a lo largo del elemento considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando el pavimento es húmedo y las llantas están en buenas condiciones, y cuando las condiciones meteorológicas, del tránsito y las regulaciones no imponen restricciones a la velocidad. (CÁRDENAS, 2013).

Por lo tanto, habrá una serie de velocidades específicas asociadas con cada uno de los elementos geométricos, que nunca podrán ser inferiores a la velocidad de diseño del tramo. Siempre se mantendrán los límites de seguridad y comodidad en cada elemento cuando se diseñe con velocidades específicas. Por ejemplo, en lugar de depender de

la velocidad de diseño, que puede ser significativamente más baja, se determina el peralte correspondiente a una curva de radio específico. (CÁRDENAS, 2013).

Es necesario dimensionar los elementos geométricos, las curvas y entre tangencias en planta y perfil para tomar en cuenta la actitud de falta de disciplina de los conductores, en el abuso de la velocidad, para que puedan ser recorridos con seguridad a la velocidad máxima, que es más probable con que sería abordado cada uno de ellos. (CÁRDENAS, 2013).

Cada elemento geométrico debe diseñarse con su propia velocidad específica, ya que es la velocidad máxima más probable con la que se abordaría. (CÁRDENAS, 2013).

#### Sección transversal

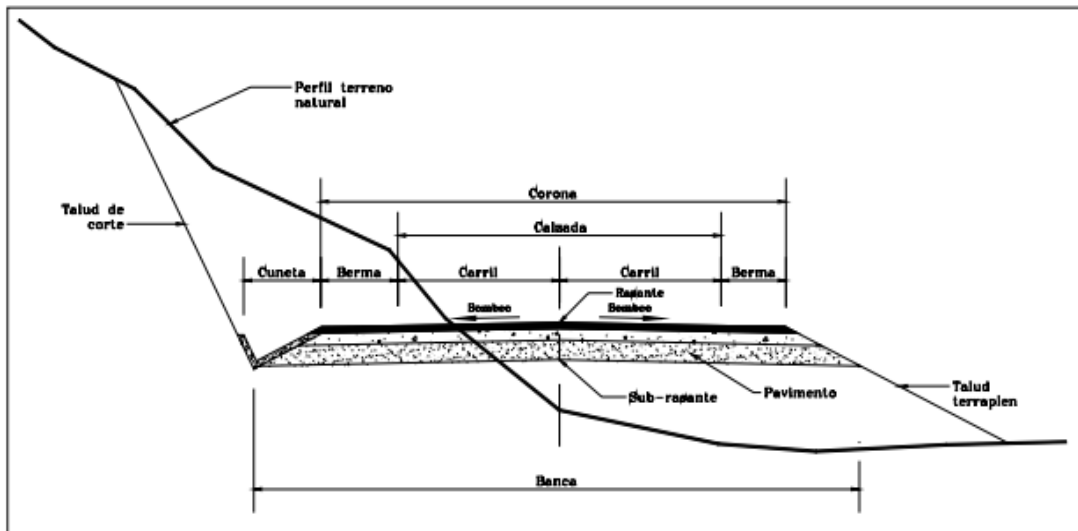
La sección transversal de un camino no es más que un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, se define la ubicación, el tamaño de cada uno de los componentes que forman parte de la carretera, y la relación con el terreno natural en cualquier punto dado. (AGUDELO, 2002).

Los componentes que conforman la sección transversal de una vía y sus dimensiones deben considerar factores como la importancia de la vía, los volúmenes de tránsito y su composición, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, los materiales utilizados en las diferentes capas de la estructura de pavimentación y la disponibilidad de recursos financieros. (AGUDELO, 2002).

La sección transversal típica utilizada tiene un impacto en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de áreas, en la construcción, en el mejoramiento, la rehabilitación, el mantenimiento, la seguridad y la comodidad del usuario. (AGUDELO, 2002).

La sección transversal está formada por el ancho de zona o derecho de vía, la banca, la corona, la calzada, las bermas, el separador, los carriles especiales, los bordillos, las aceras, las cunetas, las defensas, los taludes y otros elementos complementarios. (AGUDELO, 2002).

Gráfica 7. Sección transversal



Fuente: (AGUDELO, 2002).

### Proyecto de mejoramiento

Según AGUDELO 2022, Con el fin de mejorar el nivel de servicio y adecuarla a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro, un proyecto de mejoramiento busca modificar la geometría y dimensiones originales de la vía. Comprende las tres categorías de trabajos: ampliación, rectificación y pavimentación.

La ampliación se puede realizar sobre la calzada existente, así como la construcción de bermas o ambas actividades. El término "rectificación" se refiere a la mejora del alineamiento horizontal y vertical para garantizar una velocidad de diseño aceptada. La pavimentación se ajusta al diseño y construcción de la estructura del pavimento.

Este tipo de proyecto requiere un diseño geométrico y las actividades principales son. (AGUDELO, 2002).

- a) Ampliación de calzada. (AGUDELO, 2002).
- b) Construcción de nuevos carriles. (AGUDELO, 2002).
- c) Construcción de bermas. (AGUDELO, 2002).
- d) Rectificación (alineamiento horizontal y vertical). (AGUDELO, 2002).
- e) Construcción de obras de drenaje y sub-drenaje. (AGUDELO, 2002).
- f) Construcción de estructura del pavimento. (AGUDELO, 2002).
- g) Estabilización de afirmados. (AGUDELO, 2002).
- h) Tratamientos superficiales o riegos. (AGUDELO, 2002).
- i) Señalización vertical. (AGUDELO, 2002).
- j) Demarcación lineal. (AGUDELO, 2002).
- k) Construcción de terracería. (AGUDELO, 2002).

#### Construcción de Pavimento

Es el conjunto de actividades que consiste en la selección, transporte, disposición, conformación, mezcla y compactación mecánica de los materiales establecidos en un diseño, para un área determinada, para ello se utiliza maquinaria, equipo y herramientas.

A continuación se detalla una serie de procesos, en los cuales se explica los métodos o técnicas, para la construcción de un pavimento flexible, el cual se conforma de diferentes capas.

Sub rasante.

Según BONETT (2014), el acondicionamiento del suelo que funcionará como capa de sub rasante, consta de una serie de etapas preliminares, como la escarificación y

homogenización, dichas actividades son imprescindibles y de consideración para fundamentar el acomodamiento de la capa de sub-base encima de la sub rasante.

Escarificación y homogenización de la sub rasante.

El proceso de escarificación implica raspar la superficie del suelo en toda la longitud y ancho de la carretera o el área a trabajar, en un espesor según las especificaciones, con esta actividad se logrará que el material que estaba compacto, obtenga una condición dispersa. Para realizar este trabajo se utiliza, un tractor de orugas o una motoniveladora.

En este proceso es necesario observar el material suelto y si tuviere rocas mayores de 100 milímetros, se deben extraer de la capa de sub rasante según indica, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES.

Después de haber efectuado la escarificación en el área a trabajar, se procede a efectuar el corrimiento del material suelto de un lado para otro, para ello se utiliza una motoniveladora, con el objetivo de obtener una mezcla homogénea; se debe humedecer el material con un camión regador de agua, para mantener la humedad óptima del mismo y que pueda estar apto para proceder a nivelar y compactar la capa de sub rasante.

Compactación de la sub rasante

Después de efectuar el trabajo de conformación y nivelación con una motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de sub rasante, en base a los trompos de niveles colocados por una brigada de topografía, con el apoyo de un compactador vibrador autopulsable pata de cabra o liso, se efectúa la compactación de la capa, con lo que



se obtiene una densidad que cumpla con la del proctor. Hay una tolerancia en menos del 2%, en relación al porcentaje de compactación especificado. (BONETT, 2014).

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, indica, la sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de  $\pm 3$  por ciento de la humedad óptima, hasta alcanzar el 95 por ciento de compactación en relación a la densidad máxima, según ensayo AASHTO T 180.

Esto quiere decir que el contenido de humedad de los materiales a compactar y que conforman la sub rasante, pueden estar dentro del rango de un tres por ciento arriba o tres por ciento debajo de la humedad óptima, determinada por el proctor, de modo que se pueda alcanzar el 95 por ciento de compactación.

Previo a la homogenización, conformación y nivelación de la capa de sub rasante, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material por medio de la toma de muestras y ensayos de laboratorio. Al tener afinado y compactado el tramo de sub rasante, la superficie no deberá tener imperfecciones o alteraciones que se noten a simple vista, que en caso de haber, tendrán que ser subsanados para que el tramo compactado pueda ser recepcionado. (BONETT, 2014).

#### Recepción de la capa de sub rasante

Para poder efectuar la recepción de un tramo de sub rasante que se haya concluido, se debe tomar en cuenta las normas establecidas en las especificaciones técnicas de construcción de carreteras o conforme a las especificaciones especiales de cada proyecto. A continuación se detallan algunos aspectos para recepción de tramos de sub rasante. (BONETT, 2014).

- a. El grado de compactación de la capa sub rasante.
- b. El espesor de la capa sub rasante compactada.
- c. La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas.
- d. Chequeo de niveles de la superficie de sub rasante.

Para determinar el grado de compactación de un tramo de reacondicionamiento de sub rasante, se deben efectuar ensayos de densidades a cada 400 metros cuadrados o fracción de sub rasante trabajada, según indica, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES.

Capa de sub base

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, es una de las capas de la estructura del pavimento, cuya función principal es soportar, transmitir y distribuir uniformemente el efecto de las cargas del tránsito, resultante de las capas superiores del pavimento, de tal forma que el suelo de sub-rasante las pueda soportar.

Para esta capa se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, que, después de efectuarle los ensayos de laboratorio correspondientes, se procederá a cortarlos de su estado natural, para luego acarrearlos al lugar requerido y colocarlos sobre la superficie de la sub rasante.

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, El material para conformar la capa de sub base, debe cumplir con el requisito mínimo de un CBR de 30, AASHTO T 193, ensayo realizado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T

180 y el material no debe tener piedras que al medirlas sobrepasen los 70 milímetros o que superen la mitad del espesor de la capa.

#### Corte y acarreo de material sub base

Después de haber determinado que el material que contiene el banco designado para la capa de sub base, cumple con los requisitos de las especificaciones técnicas, se procede a la explotación del banco de materiales. Para efectuar el corte del material, se utiliza una excavadora o retroexcavadora, se puede utilizar también, un tractor de oruga, auxiliado por un cargador frontal, con el que se pueda cargar el material a los camiones de volteo, los cuales serán los encargados de trasladar el material al tramo o punto de colocación.

#### Escarificación del material de protección de la sub rasante

Con una motoniveladora se efectuará la actividad de escarificación del material de sub base, que fue colocado como protección de la sub rasante recibida, con el objetivo de disgregarlo, luego se procederá a efectuar la mezcla y homogenización, al ajustar el tramo o los tramos con material hasta completar el espesor de la capa. (BONETT, 2014).

#### Conformación y tendido del material de sub-base

Con el apoyo de una brigada de topografía se procede a colocar trompos de nivel en ambos lados y en la línea central del tramo a trabajar, conforme al alineamiento vertical, pendientes y dimensiones, establecidos en los planos de diseño del proyecto, para tener referencia de los niveles a trabajar, durante la conformación, tendido, mezclado y compactado de los materiales utilizados para la capa de sub base. (BONETT, 2014).

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, las capas a trabajar con material de sub base, no deben excederse de 300 milímetros de espesor, ni ser menor de 100 milímetros. Si el espesor de la capa de sub base fuere mayor de 300 milímetros, se deberá trabajar en dos o más capas, que no sean menores a 100 milímetros, se debe efectuar chequeos de laboratorio por cada capa, antes de proceder a colocar la siguiente.

#### Mezcla y homogenización de la capa de sub base

Con la utilización de una motoniveladora, se efectúa la mezcla del material para la capa de sub base, al correr el material de un lado a otro de la sección transversal o del área a trabajar, hasta obtener una mezcla homogénea; se debe aplicar el humedecimiento del material con un camión regador de agua, para mantener la humedad óptima y así poder alcanzar el porcentaje de compactación requerido, según las especificaciones técnicas. Para efectuar la mezcla y homogenización del material para la capa de sub base, también se puede utilizar una máquina recuperadora (pulvimixer).

#### Compactación de la capa de sub-base

Después de haber ejecutado la nivelación de la capa de sub base, se utiliza una máquina denominada, compactador vibrador autopropulsable con rodo liso y llantas, la cual se opera sobre la superficie a compactar. La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y se traslapa uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior. Se deben dar las pasadas correspondientes, hasta alcanzar el grado de compactación que cumpla con la del próctor. (BONETT, 2014).

## Recepción de la capa de sub-base

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, para poder dar por recibida una capa de sub base se debe tomar en cuenta los siguientes requisitos:

a) El grado de compactación, debe dar como mínimo el resultado del 97%, después de haber efectuado los ensayos de densidades correspondientes. Se debe efectuar un ensayo de densidades, por cada cuatrocientos metros cuadrados de cada una de las capas trabajadas.

b) Para la verificación o chequeo de niveles de la capa de sub base, se debe usar dos reglas y un cordel, llamado escantillón; las irregularidades encontradas deben ser menores a  $\pm 15$  milímetros.

c) El valor máximo de deflexión tolerable para la superficie de la capa de sub-base, no debe exceder de 2 milímetros; en relación a una marca determinada, a una distancia que no sea mayor de 3.68 metros en cualquier dirección; prueba de deflexión efectuada con la viga Benkelman.

## Protección de la capa recepcionada de sub-base

Al finalizar la construcción de la capa de sub base y haber recibido su aprobación satisfactoria, se procede a colocar la capa protectora de material para base, que tiene un espesor de diez centímetros. Después de ser extendido en la longitud del tramo, debe compactarse adecuadamente. Este proceso tiene como objetivo proteger la capa de subbase, de la lluvia o la circulación de vehículos por el área, que puedan causarle algún daño. (BONETT, 2014).

### Capa de base triturada

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, es la capa constituida por la mezcla de piedra o grava triturada, con material de relleno o material selecto, con el objetivo de componer una base integrada de un pavimento, cuya función principal es distribuir y transferir las cargas originadas por el tránsito, a las capas inferiores.

### Obtención de los materiales para capa de base triturada

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, para poder adquirir los materiales que conforman la capa de base triturada, se debe recurrir a la explotación de canteras y bancos; de los cuales se tiene que tomar muestras, para efectuar los ensayos correspondientes, y verificar si cumplen los requisitos según las especificaciones técnicas, proceder a la explotación de bancos de piedra o grava, para iniciar la trituración. El material triturado se podrá mezclar con material de relleno para integrar agregados clasificados; que luego serán apilados para su destino final.

### Escarificación del material de protección de la sub-base

La operación de escarificación se efectuará con motoniveladora o con cualquier otro equipo que tenga dientes metálicos y que sea aprobado por la supervisión o el ingeniero residente, con el objetivo de disgregar el material de protección acomodado sobre la superficie de la sub-base, para ser mezclado y homogenizado con el material que se agregará para conformar la capa de base. (BONETT, 2014).

Acarreo y distribución del material de base triturada: para el traslado del material procesado en planta de trituración, hacia los tramos a trabajar de la capa de base

triturada, se debe utilizar camiones de volteo, por su facilidad para la descarga del material.

El esparcimiento del material para la capa de base triturada, se deberá hacer con el equipo adecuado, de preferencia una motoniveladora para extender una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, conforme a la sección típica mostrada en los planos, según el diseño. (BONETT, 2014).

Con el auxilio de una brigada de topografía, durante el esparcimiento del material, se deben colocar trompos en ambos lados de los tramos a trabajar, para referencia de los niveles que cumplen con el espesor de la capa de base triturada. (BONETT, 2014).

#### Mezcla de material para capa de base triturada

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, luego de colocar y extender el material de base triturada, se procede a homogenizar con la humedad idónea, se debe mezclar el material en todo el espesor de la capa, por medio de la utilización de maquinaria y equipo adecuado, recomendablemente con motoniveladora o cualquier equipo con el que se pueda asegurar el obtener una mezcla homogénea y un camión regador de agua para aplicar el agua necesaria al material.

#### Compactación de la capa de base

El proceso de compactación de la capa base se lleva a cabo mediante el uso de compactadores mecánicos, como rodos lisos, se puede utilizar también, como complemento a la compactación, compactadoras neumáticas, o auxiliarse de otro equipo aprobado para la compactación que brinde los resultados deseados. (BONETT, 2014).

La compactación debe avanzar progresivamente, en los alineamientos rectos, desde la orilla hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y se traslapa de manera uniforme la mitad del ancho de la pasada anterior, para no dejar espacios sin compactar. Este procedimiento de compactación seguirá de una manera repetitiva, con el propósito de obtener una densidad máxima que cumpla con la del proctor T-180, en todo el espesor de la capa, según la especificación. (BONETT, 2014).

Recepción de la capa de base triturada

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, para poder recepcionar una capa de base triturada se debe tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- a) El grado de compactación, debe dar como mínimo el resultado del 98%, después de haber efectuado los ensayos de densidades correspondientes.
- b) Para la verificación o chequeo de niveles de la capa de sub base, se debe usar dos reglas y un cordel, llamado escantillón; las irregularidades encontradas deben ser menores a  $\pm 10$  milímetros.
- c) El valor máximo de deflexión tolerable para la superficie de la capa de sub-base, no debe exceder de 1.5 milímetros; en relación a una marca determinada, a una distancia que no sea mayor de 3.68 metros en cualquier dirección; prueba de deflexión efectuada con la viga Benkelman.
- d) Al realizar cada ensayo de control de compactación, se debe verificar el espesor de la capa de base, de conformidad con AASHTO T 191. Se establece una tolerancia de  $\pm 10$  milímetros en el espesor total compactado de la capa de base triturada.



## Riego de imprimación

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, es el uso de asfalto líquido sobre la superficie de la base y los hombros de una carretera, después de haber sido compactados, mediante el riego a presión, con el propósito de protegerla, impermeabilizarla, unir las partículas minerales presentes en la superficie y endurecerla, lo que favorece la adhesión entre la superficie en la cual se hace el riego de imprimación y la capa superior o capa de mezcla asfáltica.

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, el riego de imprimación consiste en la demarcación y preparación de la superficie a imprimir, liberándola de partículas sueltas con el apoyo de una barredora y humedeciéndola previamente; comprende el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento cuando sea necesario, de acuerdo con el tipo de asfalto líquido a utilizar, y su riego a través de un tanque distribuidor a presión. Esta actividad también comprende el suministro, transporte y riego del material secante, sobre el área imprimada.

## Materiales utilizados en el riego de imprimación

El asfalto líquido utilizado debe cumplir con las especificaciones AASHTO M-82 y puede elegirse entre las opciones de (MC-70 o MC-250) según la textura de la superficie a imprimir. Para alcanzar la penetración que se desea, el asfalto líquido para el riego de imprimación debe aplicarse en el rango de temperatura siguientes: para (MC-70) de 54 °C a 88 °C y (MC-250) de 79 °C a 113 °C, o lo que se indique en los resultados de pruebas de viscosidad, se toma como límites los valores de 60 segundos y 15 segundos. Cabe resaltar que en los últimos años, para el riego de imprimación se han utilizado las emulsiones asfálticas. (BONETT, 2014).

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, el material que se use para secante de preferencia debe ser una arena natural o arena triturada, que esté libre de contaminantes como terrones de arcilla, basura, materia vegetal o de otras sustancias sólidas que puedan causar daño a la superficie imprimada, incrustándose dentro de ella.

Equipo utilizado para el riego de imprimación

Los equipos a utilizar para efectuar el riego de imprimación son:

- a. barredora sopladora autopropulsable, debe estar dotada de un escobón con cepillos o discos los que servirán para limpiar el tramo a imprimir.
  
- b. Distribuidora de asfalto a presión, equipada con sistema de calentamiento, barra de riego, sus medidores y controles, la que servirá para efectuar el riego del material bituminoso sobre la superficie a imprimir.
  
- c. camión de volteo, el cual servirá para trasladar el material secante, que se colocará con personal equipado con palas, para ser regado sobre la superficie imprimada.

Aplicación del asfalto líquido para imprimación

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, el material asfáltico debe aplicarse uniformemente a la superficie a imprimir. La cantidad de aplicación debe decidirse en función de la textura de la superficie y del tipo de materiales. El punto de riego debe estar dentro del rango de 0.45 a 2.25 litros por metro cuadrado (0.12 a 0.60 galones por metro cuadrado), que se determinará mediante pruebas, para que se absorba por completo en 24 horas.

### Requisitos del clima para el riego de imprimación

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, no se podrá efectuar el riego de material bituminoso, cuando existan condiciones de lluvia, o cuando el área a imprimir se mantenga con una humedad que sobrepase el 60% de la humedad óptima o halla probabilidades de lluvia. Será permitido el riego de imprimación solamente cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a los 10° C y la temperatura ambiente continúe en ascenso. Actualmente para el riego de imprimación se utilizan emulsiones, ya que tienen la cualidad de que se puede aplicar sobre material húmedo.

### Control del tránsito sobre área imprimada

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, en el transcurso de las 24 horas siguientes al riego o a los riegos de corrección efectuados en el tramo, el riego de imprimación debe dejarse sin aplicar el material secante para que haya una penetración uniforme del riego en la superficie y su curado, se debe evitar el paso del tránsito durante este período de tiempo.

### Riego de liga

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, es el uso de riego a presión, para aplicar una emulsión asfáltica diluida, sobre una superficie bituminosa existente, que luego debe ser cubierta con una capa de mezcla asfáltica. El propósito de este riego es evitar corrimiento de la capa de mezcla asfáltica, al mejorar la adherencia entre las dos superficies y asegurar que la nueva capa tenga un comportamiento monolítico en la transmisión de cargas al pavimento.

## Requisitos de la emulsión asfáltica para riego de liga

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, la emulsión asfáltica utilizada debe cumplir con las especificaciones AASHTO M-140 y AASHTO M-208 y puede elegirse entre las opciones de (SS-1, SS-1h o CSS-1, CSS-1h) normalmente para riego de liga se utiliza la emulsión de rompimiento lento. La emulsión asfáltica para riego de liga debe aplicarse en el rango de temperatura siguientes: para (SS-1, SS-1h) de 20 °C a 70 °C y (CSS-1, CSS-1h) de 20 °C a 70 °C.

## Preparación del área a efectuar riego de liga

Según indica, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, para la preparación del tramo o área en donde se efectuará el riego de liga, se deben cumplir ciertos requisitos, a continuación se detallan algunos de ellos:

a. Barrido y limpiado de la superficie. Antes de aplicar el riego de liga, se debe remover todo material suelto y extraño de la superficie a tratar, como basura, partículas de agregados, arcillas, mediante el uso de barredora mecánica, escoba giratoria y compresor de aire o sopladora. Para lograr una limpieza efectiva sin dañar la superficie, tanto la escoba como el soplador deben estar diseñados especialmente, para efectuar esta actividad. Si fuere necesario para obtener la limpieza completa de la superficie a ligar, se debe utilizar agua a presión.

b. Revisión de la superficie. Después de barrer la superficie, se debe efectuar un chequeo visual para asegurarse de que no haya grietas, descascaramientos o cualquier otra condición que impida la adherencia efectiva de la nueva capa de asfalto. Si hubiere algún defecto, se debe proceder a corregirlo, antes de aplicar el riego.

c. Delimitación de la superficie. Para marcar el borde de la superficie a tratar, se usa un cordel sujeto con clavos o se pinta una línea que marque el borde del área. Esto ayuda al operador de la distribuidora de asfalto a alinear la barra de distribución de la unidad.

d. Limitación de condiciones climáticas. Se debe aplicar el riego de liga cuando la temperatura a la sombra supere los 15°C. Antes de aplicar el riego, la superficie debe estar completamente seca. Si fuere inevitable, antes de efectuar el riego, se debe pasar una unidad secadora. Cuando haya lluvia o probabilidad de lluvia durante la jornada de trabajo, no se aplicarán riegos de liga.

#### Aplicación de emulsión asfáltica en riego de liga

Según indica, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, La cantidad de emulsión a aplicar debe decidirse en función de las condiciones de textura de las superficies en contacto y del tipo de emulsión asfáltica a utilizar. La cantidad debe estar dentro del rango de 0.25 a 0.70 litros por metro cuadrado (0.07 a 0.18 galones por metro cuadrado). El Delegado Residente debe ordenar por escrito, la cantidad de emulsión asfáltica que se debe aplicar en el tramo a tratar.

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, un tanque de distribución de asfalto a presión con un sistema de calentamiento debe utilizarse para distribuir la emulsión de asfáltica. El sistema de calentamiento de emulsión debe proporcionar un calor uniforme para todo el material, se debe utilizar termómetros aislados que no estén en contacto con los serpentines de calentamiento. Cuando se usa el sistema de calentamiento, la emulsión debe estar en proceso de circulación dentro tanque y se debe evitar que se caliente demasiado para evitar su rompimiento.

## Mezcla asfáltica

Cuando se utilizan en capas superficiales, las mezclas asfálticas sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmitir las cargas a las capas inferiores, lo que proporciona condiciones de rodadura adecuadas. También sirve como capa de material con resistencia simplemente estructural o mecánica en las demás capas de los pavimentos. (BONETT, 2014).

Hay dos formas de producción o fabricación de mezcla asfáltica, en Guatemala las más usadas son las mezclas asfálticas en caliente, ya que se producen de una forma industrializada y en cantidades mayores; las mezclas asfálticas en frío, se producen en cantidades menores y son utilizadas con más frecuencia para efectuar trabajos de bacheo superficial.

### Producción mezcla asfáltica en caliente

Previo a iniciar la fabricación de mezcla asfáltica en caliente, se debe contar con un apilamiento de agregados pétreos, que cumplan con las especificaciones técnicas. Se debe contar con cemento asfáltico y con el diseño de mezcla asfáltica completamente aprobado, para poder dosificar los materiales que conforman la mezcla asfáltica, en la planta de producción. (BONETT, 2014).

La fabricación de asfalto en caliente es un proceso industrial que se lleva a cabo en las plantas de fabricación de asfalto. Estas plantas están formadas por un conjunto de componentes mecánicos y electrónicos, alimentados por un generador eléctrico, cuya función principal es mezclar agregados pétreos con cemento asfáltico, después haberlos sometido a un proceso de calentamiento hasta cierta temperatura, que cumpla con las normas y especificaciones para producción de mezcla asfáltica. (BONETT, 2014).

La principal función de las plantas productoras de mezcla asfáltica, son: cribado, secado, dosificado y mezclado. (BONETT, 2014).

En el proceso de producción de la mezcla asfáltica, el encargado de control de calidad, debe tomar una muestra o las que fueren necesarias de la mezcla ya producida, para efectuar los estudios de laboratorio necesarios, para confirmar y certificar que el producto fabricado, cumple con las normas establecidas.

#### Transporte de mezcla asfáltica

Para el traslado de la mezcla asfáltica producida en planta, normalmente se utilizan camiones de volteo, los cuales reciben la carga directa del conveyor de descarga o silo, condicionado por el tipo de planta; previo a la carga, en la superficie interna de la palangana debe rociarse con un líquido aislante que impida la adhesión de la mezcla, después de cargado el camión, debe protegerse la mezcla con una lona, la cual ayudará a que la mezcla conserve su temperatura hasta llegar al punto de descarga. (BONETT, 2014).

Se debe asignar al ingeniero residente o a una persona con conocimientos de control de calidad, la tarea de determinar la temperatura que conserva la mezcla a la hora de llegar el camión que acarrea la mezcla al lugar de descarga, esta actividad se realiza con el auxilio de un termómetro. Verificada la temperatura de la mezcla, se retira completamente la lona y se descarga la mezcla en la tolva de la colocadora de concreto asfáltico, conocida también como finisher. (BONETT, 2014).

#### Extensión de la mezcla asfáltica

La mezcla se debe extender con máquinas autopropulsadas, de preferencia una máquina colocadora de concreto asfáltico (finisher), por su aditamento de planchas

vibratorias, puede proporcionar una compactación inicial al momento que se extiende la mezcla. (BONETT, 2014).

Para mantener la alineación y los anchos de sección, que se deben aplicar a la capa de pavimento de acuerdo con el diseño, sobre la superficie a pavimentar, se debe colocar una guía longitudinal en ambos lados, la que se puede marcar con pintura o con cal, la cual servirá de guía al operador de la máquina. (BONETT, 2014).

Para corroborar que se coloque la capa de mezcla asfáltica con el espesor requerido, se debe utilizar una varilla con rosca corrida, con su indicador de espesor, graduado para medir el espesor requerido, la cual se introducirá en la capa ya colocada, en diferentes puntos.

#### Compactación de carpeta asfáltica

La última etapa de las operaciones de pavimentación con mezclas asfálticas en caliente, es la compactación. Durante esta fase, se obtiene la resistencia total de la mezcla y se establece la lisura y la textura de la carpeta asfáltica. (BONETT, 2014).

Al finalizar la compactación de la mezcla, la misma gana estabilidad, cohesión e impermeabilidad, lo cual forma una capa de rodadura resistente, duradera y esbelta. Además, la compactación cierra o sella las aberturas a través de las cuales el aire y el agua pueden entrar y acelerar el proceso de envejecimiento y/o causar degradación. (BONETT, 2014).

Según, EL LIBRO AZUL (2001), ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES, para la mezcla asfáltica, se requiere el 98% de compactación, corroborado por el promedio diario de tres especímenes compactados de conformidad con el método AASHTO T 245.



La compactación de la mezcla asfáltica se puede realizar en tres fases: (BONETT, 2014).

#### Compactación inicial

En toda la mezcla asfáltica recién extendida sobre la superficie a pavimentar, se debe efectuar la primera pasada del compactador; para este proceso se usan compactadores vibratorios o estáticos. Esta compactación se debe efectuar, antes de que la temperatura de la mezcla asfáltica descienda a los 140 °C. (BONETT, 2014).

#### Compactación intermedia

Para poder alcanzar la densidad requerida, cuando la mezcla asfáltica tenga un descenso en su temperatura, se debe efectuar la compactación intermedia, con un rodo liso doble tándem, el cual debe estar dotado de un sistema de agua con aspersores, que mantengan mojados los rodillos, para evitar la adherencia del bitumen. Se aplica compactación y vibración, hasta lograr la densidad y la impermeabilidad requeridas. Esta compactación se debe efectuar, antes de que la temperatura de la mezcla asfáltica descienda a los 125 °C. (BONETT, 2014).

#### Compactación final

Para lograr la estabilidad final mientras se eliminan las marcas de la superficie, se aplica la compactación final, cuando la mezcla asfáltica está a cierta temperatura, para permitir la eliminación de cualquier marca de compactación y efectuar el sello de la carpeta. Por lo general, para efectuar este tipo de trabajo, se utilizan compactadores neumáticos. La compactación se debe completar antes que la temperatura de la capa alcance los 85° C. Hay tres criterios para aprobar una carpeta terminada. Estos son: textura superficial, tolerancia de la superficie y densidad. (BONETT, 2014).

## Productos agrícolas

Según WESTREICHER 2020, la producción agrícola es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes, principalmente, alimentos como cereales y diversos tipos de vegetales. La producción agrícola es el fruto de la siembra y la cosecha de la tierra.

El sector agrícola forma parte del sector primario de la economía. Es importante mencionar que esta actividad es de alto riesgo debido a que depende principalmente del clima, y en caso de una sequía o una inundación se pierde gran parte de la cosecha, lo cual afecta la economía de los agricultores. (WESTREICHER, 2020).

Desde que el ser humano dejó de ser errante para optar por el sedentarismo, empezó a existir efectivamente la producción agrícola. Cuando el ser humano, se dio cuenta que tenía la capacidad de cultivar la tierra, para aprovechar posteriormente los productos del campo y de esta forma poder satisfacer las necesidades propias y familiares. (WESTREICHER, 2020).

La producción agrícola adquiere importancia, hasta alcanzar gran relevancia, durante la época de la Edad Media cuando el sistema predominante que existía era el feudalismo. (WESTREICHER, 2020).

Con el paso de los años, luego de la Primera Revolución Industrial, debido a la mecanización de la producción, las personas fueron trasladándose del campo a las ciudades, donde era necesaria la mano de obra para los centros de producción. (WESTREICHER, 2020).

En el siglo XXI, la producción agrícola desarrolla métodos para aumentar su productividad. Cada vez son más sofisticados los sistemas de riego y la maquinaria

empleada en este sector. Sin embargo, enfrentar los riesgos y la naturaleza cíclica de esta actividad es un desafío. (WESTREICHER, 2020).

#### Tipos de producción agrícola

La producción agrícola puede clasificarse de distintas maneras como las siguientes: (WESTREICHER, 2020).

##### a) Según su dependencia del agua:

De secano: sin riego. Sus recursos principales son las lluvias y del agua proveniente del subsuelo. (WESTREICHER, 2020).

De riego: necesita la construcción de un sistema de riego artificial que conduce las aguas provenientes de las lluvias, ríos u otras fuentes hídricas hacia los sembradíos. (WESTREICHER, 2020).

##### b) Según su magnitud de producción:

De subsistencia: se enfoca en la siembra de pequeñas extensiones de tierra y está destinada para el consumo familiar. (WESTREICHER, 2020).

Industrial: se define por producir altos volúmenes de producción agrícola y su destino es la comercialización ya sea en mercados locales como para exportación. (WESTREICHER, 2020).

##### c) Según los objetivos de rendimiento:

Intensiva: el objetivo es obtener altos volúmenes de producción en espacios reducidos. Por lo general se enfocan en cosechar un solo producto. (WESTREICHER, 2020).

Extensiva: sin invertir en tantos recursos por hectárea, como en la agricultura intensiva, la explotación se desarrolla en grandes extensiones de terreno. (WESTREICHER, 2020).

d) Según el método:

Tradicional: se transmiten los conocimientos y técnicas de producción de generación en generación en el área rural. (WESTREICHER, 2020).

Industrial: su enfoque es aprovechar el avance en la tecnología e innovar para implementar nuevos métodos, que garanticen altos volúmenes de producción. (WESTREICHER, 2020).

Según TURCIOS 2021, La economía de Guatemala se caracteriza por su gran dependencia del sector agrícola. La abundancia de recursos naturales en el país ha permitido el crecimiento de una amplia gama de cultivos, los cuales son uno de los principales impulsores de la economía del país, tanto por su contribución al PIB como por su capacidad para generar empleo y generar divisas a través de la exportación.

TURCIOS 2021, afirma que, El sector agrícola de Guatemala ha sufrido cambios significativos debido a la disminución del papel del café como cultivo principal de exportación debido a su disminución y fluctuación de precios, lo que ha llevado a una mayor diversificación de los cultivos y a una mayor comercialización de productos no tradicionales.

La apertura comercial y la orientación del sistema agro productor hacia la competencia en los mercados internacionales han aumentado su participación en la economía mundial y han permitido un crecimiento constante de las exportaciones agrícolas. (TURCIOS, 2021).

En el ámbito agrícola, también se evidencian las brechas sociales y económicas a nivel nacional, donde se distinguen dos grandes grupos: uno con proyección exportadora, que utiliza tecnología avanzada y participa en los mercados globales, y otro formado por pequeños productores que surten al mercado interno, que tienen poco nivel de encadenamiento, y hacen poco uso de la tecnología, lo que los hace vulnerables a los efectos del cambio climático, como sequías, inundaciones, enfermedades y plagas, que ocasionan severos daños a los cultivos. (TURCIOS, 2021).

En 2020, los principales productos exportados de Guatemala fueron el cardamomo, el banano, el café, el aceite de palma africana, el azúcar de caña, las frutas, las legumbres y las hortalizas, lo que representó el 36 % de las exportaciones totales de Guatemala. (TURCIOS, 2021).

En Guatemala, que es el principal productor y exportador de cardamomo a nivel mundial, el cardamomo es la especia más valorada y cultivada. A pesar de que la producción se vio afectada en años anteriores por la caída en los precios y problemas fitosanitarios causados por plagas en los cultivos, 2020 fue un año de crecimiento en el valor de las exportaciones. Arabia Saudí, Emiratos Árabes Unidos, Pakistán y Bangladesh fueron los países que más compraron. (TURCIOS, 2021).

En lo que respecta a la industria del banano, su alto nivel de productividad está relacionado con el uso de tecnología en el manejo de los cultivos, material vegetativo de alta calidad genética, riego tecnificado, fertirrigación y buenas prácticas agrícolas y de manufactura, así como con el aumento del área cultivada. La mayoría de la producción de bananos de Guatemala se destina a los Estados Unidos y la Unión Europea, lo que la convierte en el tercer exportador mundial. (TURCIOS, 2021).

Gracias al uso de variedades de caña que requieren menos agua y son más resistentes a las plagas, así como al aprovechamiento de desechos para generar energía eléctrica,

acondicionar el suelo y fertilizar cultivos, el cultivo de caña de azúcar ha dado lugar a una de las industrias más productivas y ambientalmente sostenibles del país. En comparación con Canadá, Estados Unidos, Chile y Taiwán, Guatemala es el cuarto exportador mundial de azúcar de caña. (TURCIOS, 2021).

En la clasificación de exportadores de café, Guatemala ocupa la novena posición, a nivel mundial y es el mayor productor de café de Centro América. La ventaja competitiva de su grano le permite vender variedades gourmet y productos con valor agregado a mercados especializados, como EE. UU., Japón, Canadá, Bélgica e Italia. (TURCIOS, 2021).

La producción de palma africana se exporta principalmente a México, España, Países Bajos, Italia y El Salvador, cabe mencionar que el cultivo de la palma africana el más productivo del mundo. (TURCIOS, 2021).

En los últimos años, la comercialización y la diferenciación de su oferta exportable han impulsado el mercado de frutas, legumbres y hortalizas, debido a su tendencia creciente. (TURCIOS, 2021).

Al referirnos a los cultivos tradicionales y que son para consumo nacional o consumo familiar, como el maíz y el frijol negro, son esenciales para el consumo diario del guatemalteco y son los más cruciales en términos de seguridad alimentaria. Sin embargo, aun cuando es muy importante, la producción de estos cultivos es deficiente en los grandes productores, debido a la preferencia de los agricultores por cultivos más rentables. (TURCIOS, 2021).

Para los pequeños productores agrícolas en Guatemala, el cultivo de frijol es una de las actividades principales, ya que la mayor parte de la cosecha de este producto, la utilizan para autoconsumo.

## Principales actores

Los actores que intervienen en la producción agrícola del país pueden clasificarse en cuatro grupos: (TURCIOS, 2021).

a) Productores de infra subsistencia: constituido por agricultores que soportan la pobreza extrema, tienen bajas tasas de empleo y desempleo y utilizan mano de obra no calificada. (TURCIOS, 2021).

b) Productores de subsistencia: Utilizan mano de obra familiar, producen bienes para uso interno y tienen acceso limitado o nulo a información de mercado, capital, tecnología e infraestructura.(TURCIOS, 2021).

c) Productores excedentarios: Cultivan productos no tradicionales y tienen acceso restringido a dinero, tecnología, sistemas de riego y mercados nacionales e internacionales.(TURCIOS, 2021).

d) Productores comerciales: integra a agricultores exportadores con acceso a líneas de financiamiento y tecnología avanzada. En este grupo se encuentran importantes grupos empresariales como el de la industria bananera, que está encabezado por las compañías Chiquita y Del Monte, y la industria azucarera, que está representada por la Asociación Nacional de Azucareros de Guatemala -AZASGUA- y liderada por los ingenios de mayor producción. (Pantaleón, Magdalena, Santa Ana, La Unión y El Pilar). (TURCIOS, 2021).

La industria del café está representada por la Asociación Nacional del Café ANACAFÉ, la cual reúne a las asociaciones y cooperativas de caficultores; la Asociación de Exportadores de Cardamomo (ADECAR), que está dirigida por tres compañías que exportan más del 80 % de la producción total (Agronómicas de

Guatemala, Monte de Oro, S.A. del Trópico y Cardex); y la Gremial de Palmicultores de Guatemala -GREPALMA-, que cuenta con una veintena de productores, entre los que se encuentran. NaturAceites, Reforestadora de Palmas del Petén, S.A. –Repsa–, Idealsa y Palmas del Ixcán. (TURCIOS, 2021).

### Costos de transporte

Cuando se menciona la palabra “costo”, no es más que la medida en términos monetarios, de los recursos utilizados para adquirir un bien o servicio determinado. Al referirse a costos de transporte, son los costos de los recursos utilizados para el traslado de personas, productos, insumos, etc.

Según LÓPEZ 2011, La conquista y abastecimiento de los mercados depende del crecimiento de la actividad productiva actual, la cual se convierte en un elemento indispensable. El costo del transporte de la mercadería, después del costo de producción, es el primer factor que determina los costos operativos y, por lo tanto, su participación en los costos totales del servicio, en el proceso de distribución de mercadería para llevarla a su lugar de destino.

Es fundamental tener en cuenta que los gastos asociados con la operación de un vehículo varían según el tipo de transporte y el tipo de operación. Esto se debe a que el transporte de productos convencionales (como granos, hortalizas, legumbres, concentrados de minerales, etc.) no será igual al transportar productos especializados (como electrodomésticos, maquinaria pesada, automóviles, carga refrigerada, materiales de construcción, hidrocarburos líquidos, maderas, lácteos, etc. (LÓPEZ, 2011).

La teoría económica generalmente divide los costos de transporte en tres categorías principales: (LÓPEZ, 2011).



a) Costos de infraestructura fija. Los gastos asociados con la infraestructura fija. Los camiones necesitan carreteras y terminales de carga, los ferrocarriles necesitan rieles para funcionar, los aviones necesitan aeropuertos y sistemas de control de tráfico, y los barcos necesitan puertos. (LÓPEZ, 2011).

El costo de construir infraestructura de transporte es bastante elevado, pero luego de construida se convierte en un costo perdido. Sin embargo, el mantenimiento y la conservación de la infraestructura fija son costosos, y los costos operativos son poco significativos en comparación con el costo de la infraestructura en sí misma. (LÓPEZ, 2011).

b) Costos de propiedad de los vehículos de transporte. Costos asociados con la propiedad de vehículos de transporte. El transporte requiere infraestructura fija y vehículos (camiones, aviones, trenes, ómnibus, taxis, barcos barcazas). La única excepción es el transporte a través de tuberías. El primer factor es el costo del bien vehicular, que se compone del precio de venta de la unidad. En contraste con la infraestructura, comprar un vehículo no es un costo hundido; en cambio, genera un costo que se reflejará gradualmente en su depreciación durante su vida útil. (LÓPEZ, 2011).

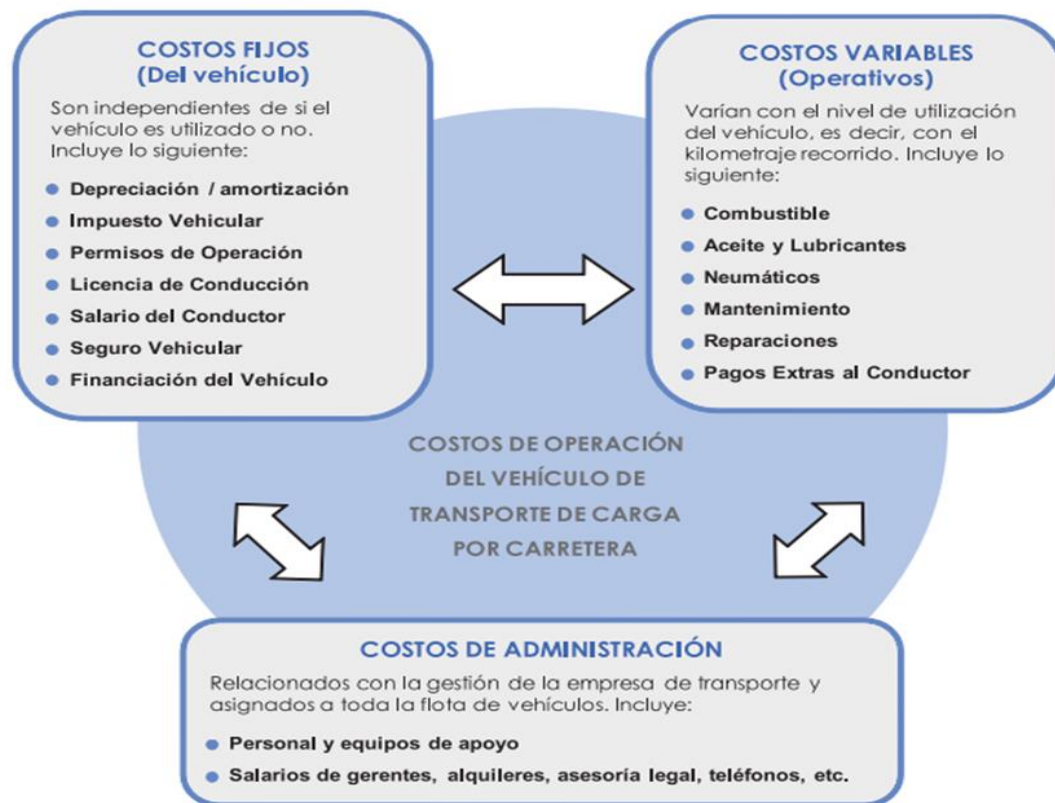
Los vehículos son unidades móviles y pueden ser trasladados fácilmente de un mercado a otro, lo que puede aumentar su valor en algunos casos cuando operan en mercados donde hay una gran cantidad de vehículos usados. (LÓPEZ, 2011).

c) Costos asociados con el funcionamiento de los vehículos de transporte. El costo de operación se compone de dos componentes principales: combustible y personal. Ambos son costos variables y directos, aunque difieren según la intensidad del uso del vehículo. El costo de operación de un vehículo de transporte depende del tipo de uso, especialmente de la velocidad. (LÓPEZ, 2011).

## Costos en la operación de un vehículo de carga

Los costos principales relacionados con la propiedad y operación de vehículos de transporte de carga por carretera se dividen en tres categorías generales: costos fijos, costos operativos (costos variables) y costos de administración. Las categorías generales de costos se muestran en el siguiente gráfico. (LÓPEZ, 2011).

Gráfica 8. Costos de operación del vehículo de transporte de carga



Fuente: (LÓPEZ, 2011)

En la medida que los costos puedan cuantificarse y registrarse adecuadamente, se pueden controlar y optimizar. Por esta razón, existen sistemas de costeo que permiten medir costos y mantener un control adecuado sobre el uso eficiente de los recursos utilizados en la operación de transporte. (LÓPEZ, 2011).

## Elementos que componen los costos fijos del vehículo

Independientemente de si el vehículo se usa o no, cada uno de estos componentes debe ser pagado. Es decir, se debe pagar por ellos, ya sea que el automóvil recorra 100 o 1,000 kilómetros en un determinado tiempo de trabajo. Por lo consiguiente, es importante comprender que los costos fijos no están relacionados con el nivel de actividad del vehículo. (LÓPEZ, 2011).

El costo fijo se basa en la inversión realizada en la adquisición del vehículo y su desempeño a lo largo del tiempo. Se debe tener en cuenta que la inversión inicial pierde valor con el tiempo, a nivel de los resultados del negocio. Esto resulta en un costo anual que se reconoce mediante la "depreciación", que es la contabilización y resta del costo anual de un vehículo a lo largo de su vida útil proyectada. (LÓPEZ, 2011).

Hay también otros gastos que se adicionan al costo fijo que deben ser incluidos en el sistema de costeo del vehículo. Estos gastos tienen relación con los impuestos que se deben pagar anualmente y los derechos que se deben pagar para obtener licencias de operación. Estos son: (LÓPEZ, 2011).

a) Impuesto vehicular, este es un impuesto que se cobra al propietario del vehículo de carga y se calcula a partir de la primera inscripción en el registro de la propiedad del vehículo. La tasa de impuesto es del 1% y se basa en el valor del vehículo. (LÓPEZ, 2011).

b) El permiso de operación, este trámite corresponde a la empresa de transporte para cada vehículo específico y se verifica mediante el "Certificado de habilitación del vehículo", este es el documento que demuestra que la unidad está en condiciones para la prestación del servicio de transporte terrestre de mercancías. (LÓPEZ, 2011).

c) El salario del conductor, en la mayoría de las empresas se considera un costo fijo. Se entiende que, independientemente de si el vehículo está en funcionamiento o no, la empresa debe tener al menos un chofer asignado a cada vehículo de su flota. El sueldo básico, los aportes al fondo de pensión, la compensación por tiempo de servicio, las prestaciones, el seguro de salud y los impuestos forman parte del salario. Se considerarán variables cualquier costo adicional relacionado con incentivos, viajes y horas extras trabajadas fuera del horario normal, que debe cumplir el trabajador. (LÓPEZ, 2011).

d) El seguro de vehículos, que se renueva cada año y depende de una variedad de factores, como la ruta de operación, la cantidad de vehículos asegurados por la empresa, el tipo de carga transportada, el valor de las mercancías a transportar, el historial de accidentes, el valor del vehículo, etc. (LÓPEZ, 2011).

e) La financiación del vehículo, que es el interés que se paga por el capital invertido en la compra del vehículo. Esta tasa de interés puede provenir de dos fuentes de financiamiento: la tasa de interés aplicada al costo de capital propio de la empresa y la tasa del préstamo bancario utilizado para comprar el vehículo. LOPEZ, 2011.

#### Componentes del costo variable o costo operativo del vehículo

Esta división describe la segunda clase principal de costos de transporte de carga por carretera, que se hace referencia a los costos variables o costos operativos de un vehículo. Un costo variable se relaciona directamente con la actividad del vehículo; en esta ocasión, la cantidad de actividad se mide a través de su recorrido, contabilizado en kilómetros. (LÓPEZ, 2011).

Incluso cuando una unidad de transporte no está en uso, los costos fijos deben tomarse en cuenta, mientras que los costos operativos solo se registran cuando el vehículo está

en uso. Los gastos operativos de un vehículo pueden clasificarse en las siguientes categorías: (LÓPEZ, 2011).

a) El costo del combustible, que generalmente es el más importante de los costos operativos. El combustible tiene dos causas principales de costos: (a) debido al alto consumo de vehículos comerciales con bajo rendimiento por kilómetro; y (b) debido al alto precio del combustible, que suele ser una parte importante de los impuestos. (LÓPEZ, 2011).

El costo de combustible no es más que el consumo que tiene cada unidad de transporte en los viajes que realiza, al trasladar algún producto o mercadería, el cual se calcula al tener el registro de los kilómetros recorridos y la cantidad de galones de combustible gastado en el viaje.

Con la información antes mencionada obtenemos el rendimiento galones/kilómetro de cada unidad de transporte y el valor en moneda del costo de cada viaje en relación al consumo de combustible.

b) Costo de aceite y lubricantes, éste es un costo variable bastante pequeño, pero es importante medirlo durante el uso del vehículo porque un alto consumo podría ser un indicador de algún problema mecánico, ya sea por fugas o por consumo del motor debido al desgaste del mismo. (LÓPEZ, 2011).

c) El costo de los neumáticos, que se determina como un costo variable operativo, debido a que el deterioro de los neumáticos está completamente en relación con la distancia que recorre el vehículo. (LÓPEZ, 2011).

d) Los costos de mantenimiento y reparaciones, suelen ser los segundos más importantes de los costos operativos de la unidad de transporte. Estos están

relacionados con el kilometraje porque los vehículos deben ser revisados con frecuencia después de haber recorrido una cantidad específica de kilómetros (por ejemplo, cada 5.000 km) y también cuando se produce un problema mecánico. La mano de obra especializada, los costos de repuestos y el uso del taller son los componentes principales de este costo. (LÓPEZ, 2011).

e) El costo adicional del conductor, al referirse a este costo, se incluyen las dietas y/o viáticos irregulares que recibe el conductor para cubrir sus gastos de alimentación y alojamiento, cuando por actividades del trabajo, no pueda pasar la noche en su lugar de residencia habitual. Además, se pueden incluir en esta categoría los pagos por incentivos y sobre tiempo relacionados con servicios específicos brindados por el vehículo. (LÓPEZ, 2011).

Los gastos asociados con el uso de infraestructura, incluyen los peajes que se pagan al transitar por las carreteras, así como otros que podrían surgir, como los impuestos por el acceso a áreas logísticas, estacionamientos o estaciones de servicio. (LÓPEZ, 2011).

Costos administrativos relacionados con la operación del vehículo de carga.

Los gastos de gestión se refieren a la gestión de la empresa de transporte y, por lo tanto, deben distribuirse a toda la flota de vehículos. En este caso, es importante distinguir entre los gastos de gestión de flota y los gastos generales de gestión comercial: (LÓPEZ, 2011).

a) Los gastos de gestión de flota, incluyen todos los gastos de personal, equipo y soporte necesarios para mantener una flota de vehículos que opera de manera eficiente. Estos gastos no se pueden atribuir a un vehículo en particular, como los vehículos de transporte que movilizan mercadería. (LÓPEZ, 2011).

Los componentes prioritarios involucrados en estos gastos incluyen el transporte de carga pesada, las unidades de carga para sustitución en caso de que algún vehículo necesite ser revisado debido a algún desperfecto, y los pilotos externos contratados para cubrir a los conductores titulares durante periodos vacacionales o motivos de fuerza mayor. Este costo se asigna al dividir el total de gastos en personal y equipo de apoyo por el número de vehículos en la flota durante un período de tiempo, por ejemplo, un año. (LÓPEZ, 2011).

b) Costos de administración del negocio, que pueden dividirse en gastos de gestión general y gastos de transporte. Los gastos del área de transporte incluyen explícitamente los gastos que no tienen relación con el transporte en particular, como los salarios de los gerentes y programadores de flota, automóviles, teléfonos, alquileres, capacitación, etc. (LÓPEZ, 2011).

Los gastos de gestión general son los que tienen relación con la gestión de la empresa y se distribuyen entre las diferentes áreas de la empresa, como el sueldo de los directores, la asesoría legal, los gastos bancarios, la compra de materiales de oficina, etc. (LÓPEZ, 2011).

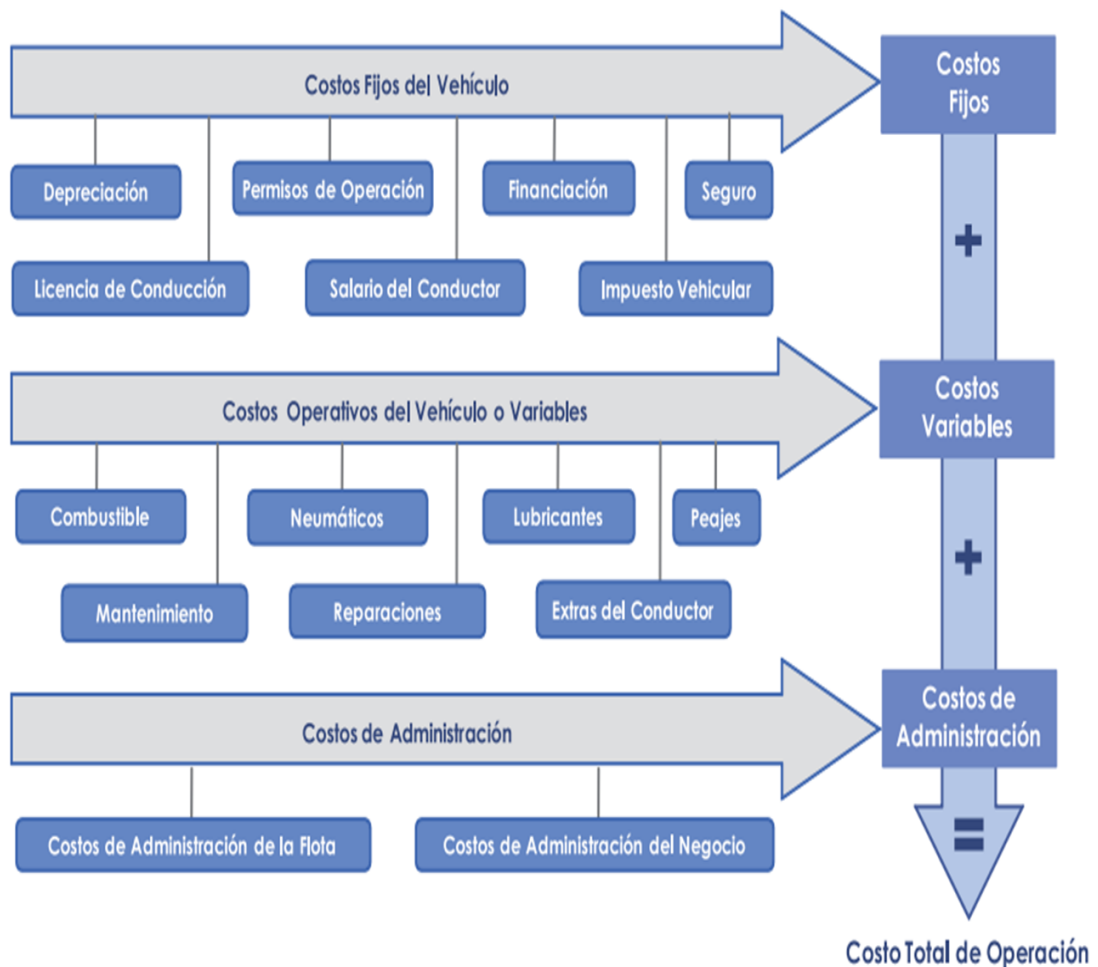
Las dos categorías de costos consideradas en las secciones anteriores, los costos fijos y los costos variables (operativos), podrían ser clasificados como “costos directos” debido al hecho de que están agregados a cada vehículo individual. Por otro lado, los costos administrativos pueden clasificarse como "costos indirectos" porque no tienen relación con un vehículo en particular. (LÓPEZ, 2011).

Esquema del costeo total de la operación de un vehículo de carga

Se proporciona una descripción detallada de los elementos que componen el costo de operación de un vehículo de transporte de carga por carretera. La siguiente ilustración

muestra cómo se agregan y relacionan los costos que se describieron anteriormente. (LÓPEZ, 2011).

Gráfica 9. Estructura y agregación de los costos de operación del vehículo



Fuente: (LÓPEZ, 2011)

Los costos operativos del vehículo (costos kilométricos) se calculan, al utilizar la distancia recorrida (kilometraje) y los días de trabajo del vehículo durante el año como base. Siempre es fundamental mantener y analizar los registros previos de los diversos costos y niveles de actividad para que se utilicen en la actualización de los cálculos. (LÓPEZ, 2011).



### III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se presenta a continuación los cuadros y las gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizado por el investigador; la investigación se realizó al entrevistar a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada: “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”, la información se obtuvo de dos tipos de poblaciones las cuales son:

La variable dependiente (Y), se trabajó con 100 productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, se procedió a realizar análisis del cálculo de la muestra con la fórmula para poblaciones finitas cualitativas, por ser mayor a 35 personas, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, se determinó la muestra de 43 productores agrícolas.

Para los datos de la variable independiente (X), se realizó la técnica del censo, debido a que la población entrevistada fueron directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de la aldea Oliveros, Dirección Municipal de Planificación (DMP) y Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, con un total de dieciocho (18) directivos, por ser menor a 35 personas, no se utilizó muestreo.

Se presenta a continuación los cuadros y gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizado por el investigador.

El cuadro del 5 al 9 y gráfica del 10 a la 14, se refiere a la comprobación de la variable dependiente (Y) o efecto; el cuadro del 10 al 14 y gráfica 15 a la 19, se obtienen los datos para comprobar la variable independiente (X) o causa principal.

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

Cuadro 5.

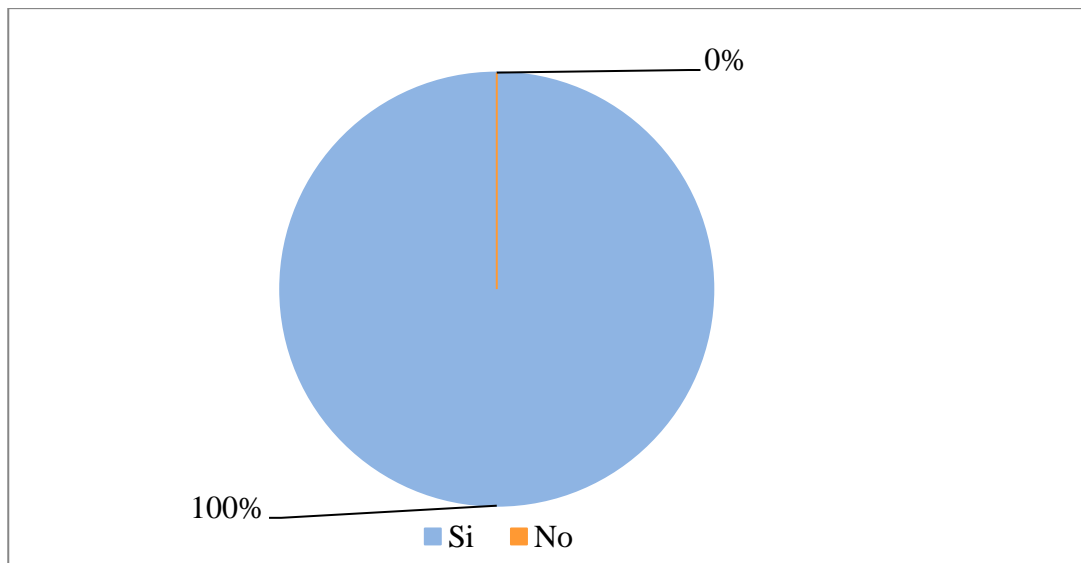
Productores que consideran alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	43	100
No	0	0
TOTAL	43	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 10.

Productores que consideran alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.



Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

**Análisis:** Según los datos obtenidos en la encuesta, la totalidad de productores agrícolas, consideran alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, debido a que lo han experimentado en cada cosecha, esta información contribuye a ratificar la variable dependiente.

Cuadro 6.

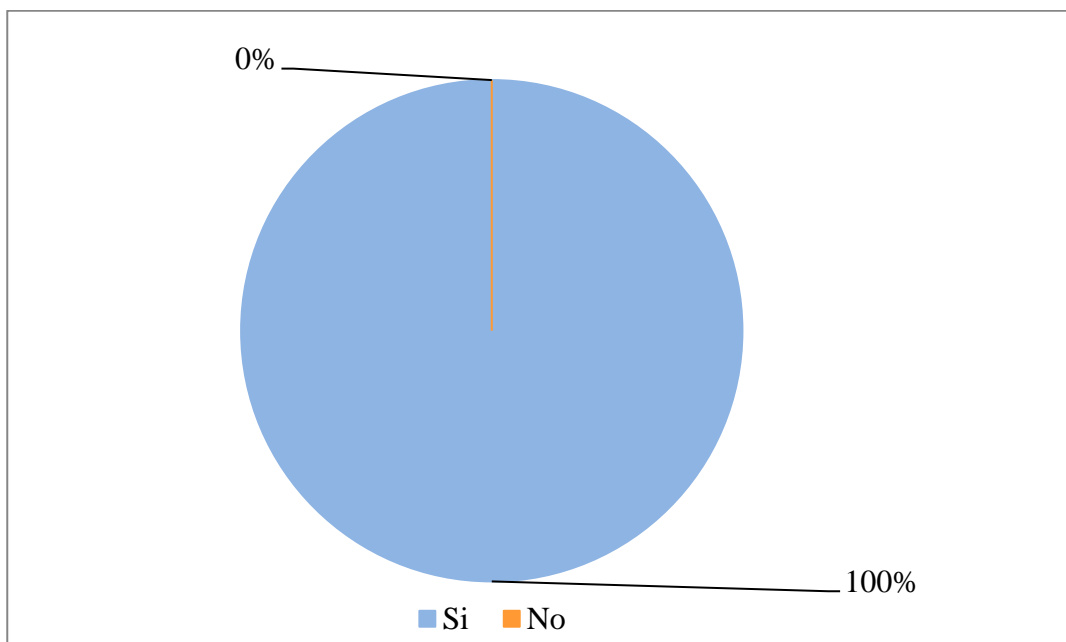
Productores que conocen la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	43	100
No	0	0
TOTAL	43	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 11.

Productores que conocen la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas.



Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Análisis: Según la información recabada, la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, es el mal estado de la carretera, lo que fue ratificado por la mayoría de productores agrícolas, con lo que se contribuye a comprobar la variable dependiente.

Cuadro 7.

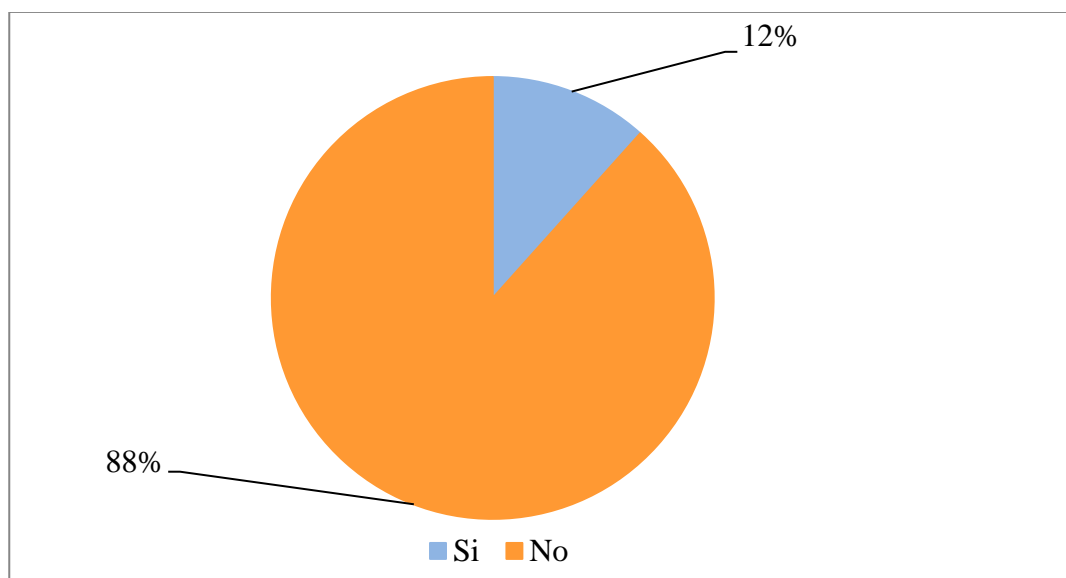
Productores que consideran que el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) busca solución al alto costo de transporte de productos agrícolas.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	12
No	38	88
TOTAL	43	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 12.

Productores que consideran que el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) busca solución al alto costo de transporte de productos agrícolas.



Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Análisis: Se contribuye a confirmar la variable dependiente, en atención a la información anterior, debido a que la mayoría de los productores agrícolas, coinciden en que el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), no ha buscado solución al alto costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, por lo tanto, ellos siguen con las consecuencias.

Cuadro 8.

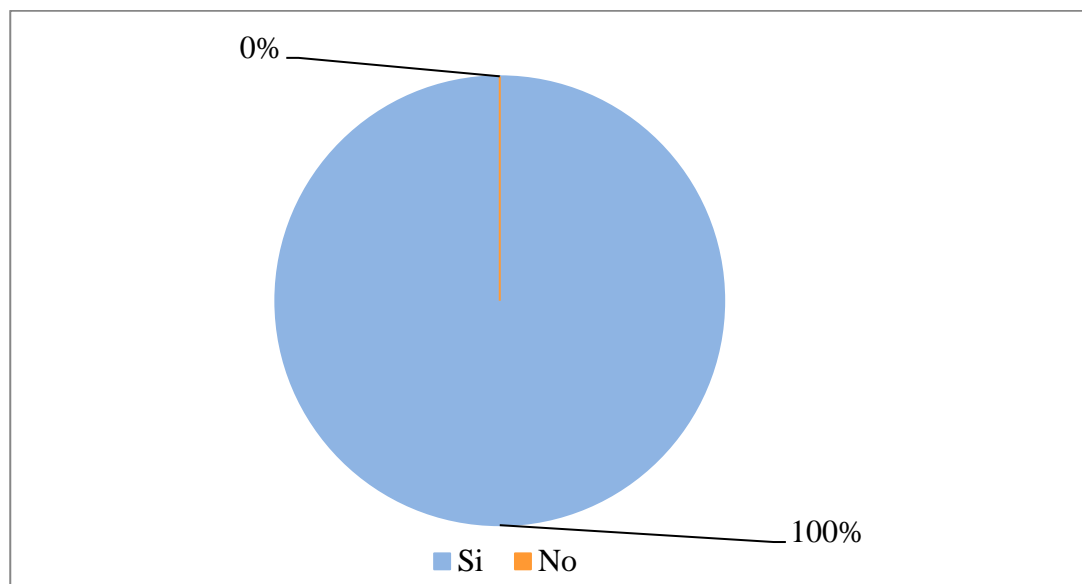
Productores que confirman que las condiciones climáticas (lluvias), afectan los costos de transporte de los productos agrícolas.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	43	100
No	0	0
TOTAL	43	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 13.

Productores que confirman que las condiciones climáticas (lluvias), afectan los costos de transporte de los productos agrícolas.



Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Análisis: Los datos de la información graficada, contribuyen a confirmar la variable dependiente, en vista de que, se aprecia que el total de productores agrícolas, afirman que las condiciones climáticas (lluvias), afectan los costos de transporte de los productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, ya que ellos lo experimentan cada año.

Cuadro 9.

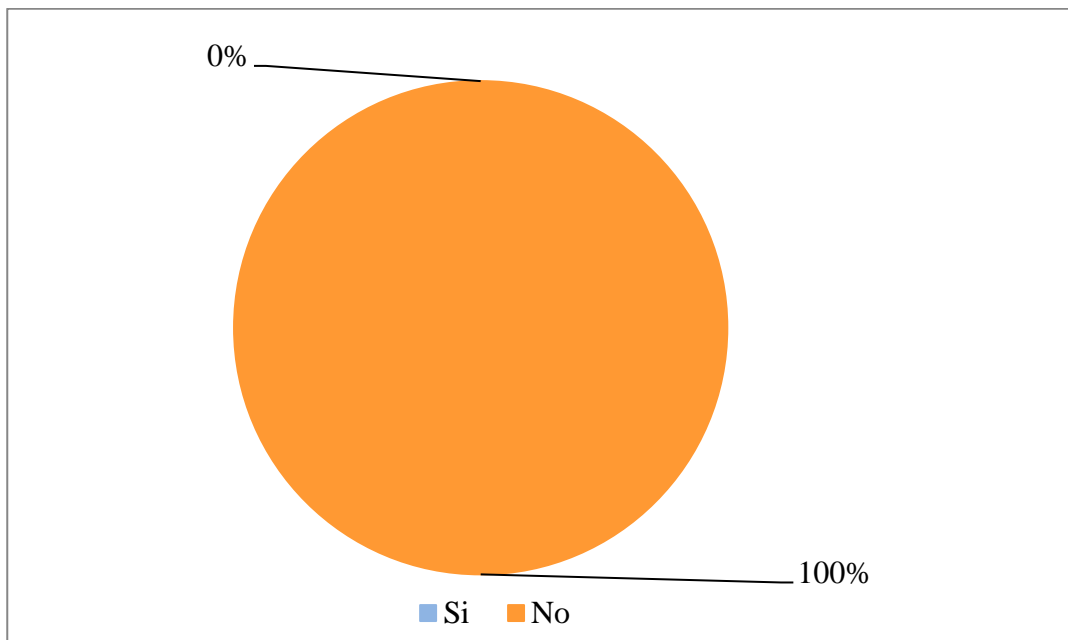
Productores que indican si alguna institución contribuye con algún tipo de apoyo para el transporte de productos agrícolas.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	43	100
TOTAL	43	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 14.

Productores que indican si alguna institución contribuye con algún tipo de apoyo para el transporte de productos agrícolas.



Fuente: Investigación propia, dirigida a productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Análisis: De acuerdo con la información anterior, el total de productores agrícolas, concuerdan que han utilizado recursos propios y no han recibido algún tipo de apoyo de alguna institución para el transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, con lo que se ayuda a comprobar la variable dependiente.

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

Cuadro 10.

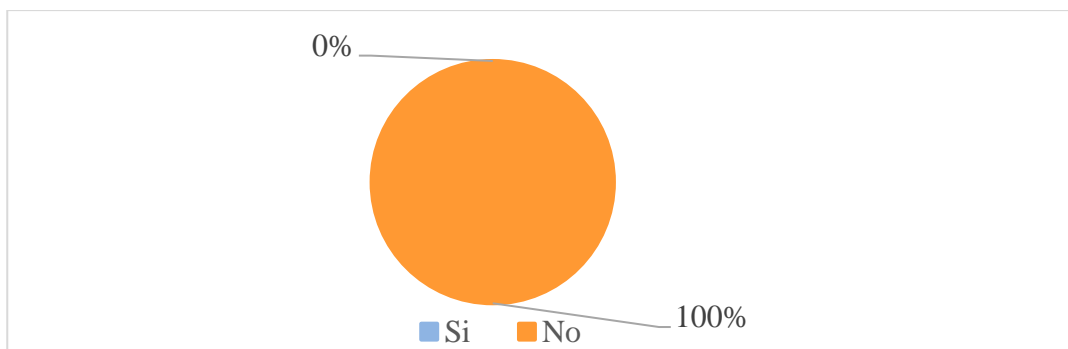
Directivos que cuentan con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	18	100
TOTAL	18	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 15.

Directivos que cuentan con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.



Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

**Análisis:** Los datos antes mencionados, contribuyen a comprobar la variable independiente, esto se debe a, que todos los directivos encuestados, afirman que no hay financiamiento y no se cuenta con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Cuadro 11.

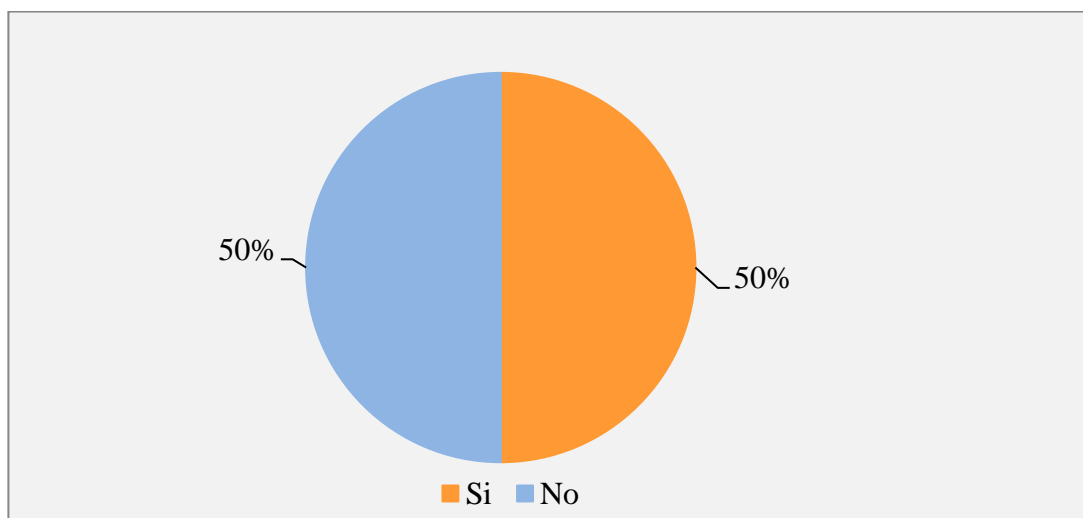
Directivos que priorizan el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	9	50
No	9	50
TOTAL	18	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 16.

Directivos que priorizan el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.



Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

**Análisis:** De acuerdo con la información anterior, la mitad de los directivos, han dado prioridad al proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, al iniciar gestiones, pero no han obtenido resultados favorables, esto contribuye a comprobar la variable independiente.



Cuadro 12.

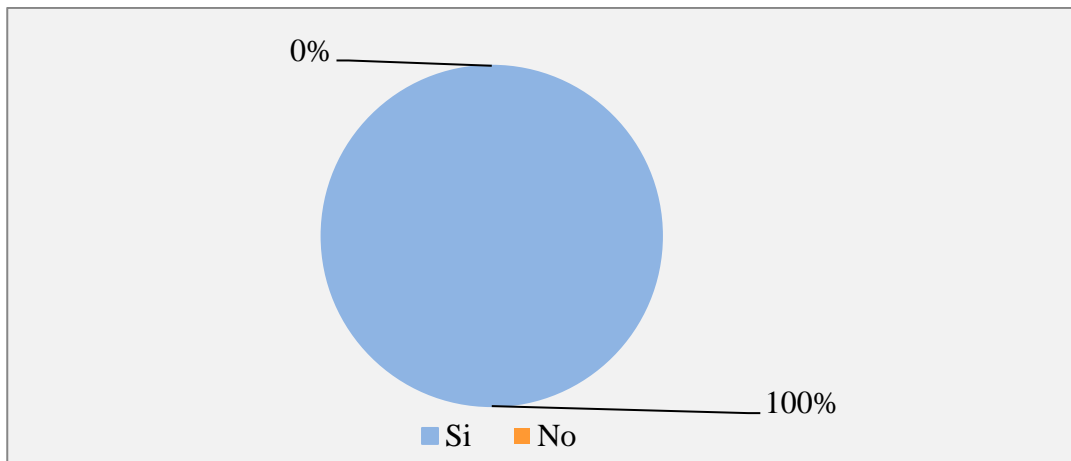
Directivos que consideran indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	18	100
No	0	0
TOTAL	18	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 17.

Directivos que consideran indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.



Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Análisis: Según los datos graficados, todos los directivos, consideran que es indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, con lo que se contribuye a comprobar la variable independiente.

Cuadro 13.

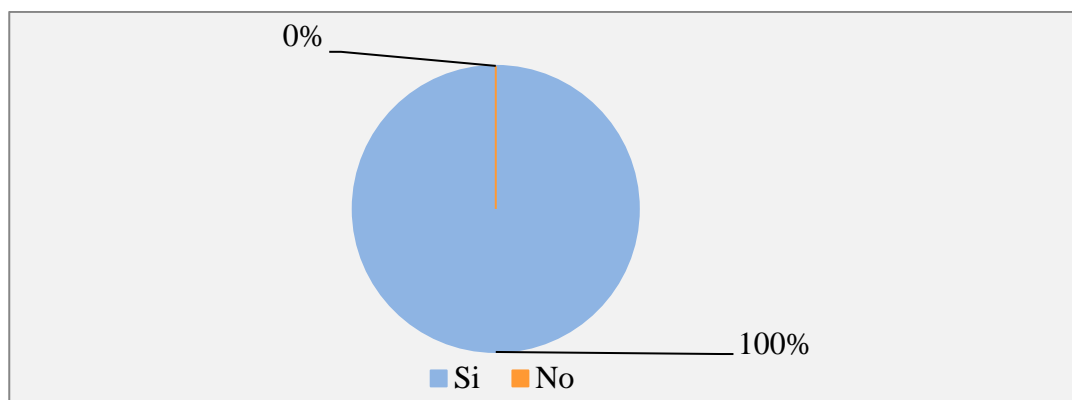
Directivos que afirman que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea,

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	18	100
No	0	0
TOTAL	18	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 18.

Directivos que afirman que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea.



Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

**Análisis:** Según los datos obtenidos en la encuesta, el total de directivos, manifiestan que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, es una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea, con lo que se ayuda a comprobar la variable independiente.

Cuadro 14.

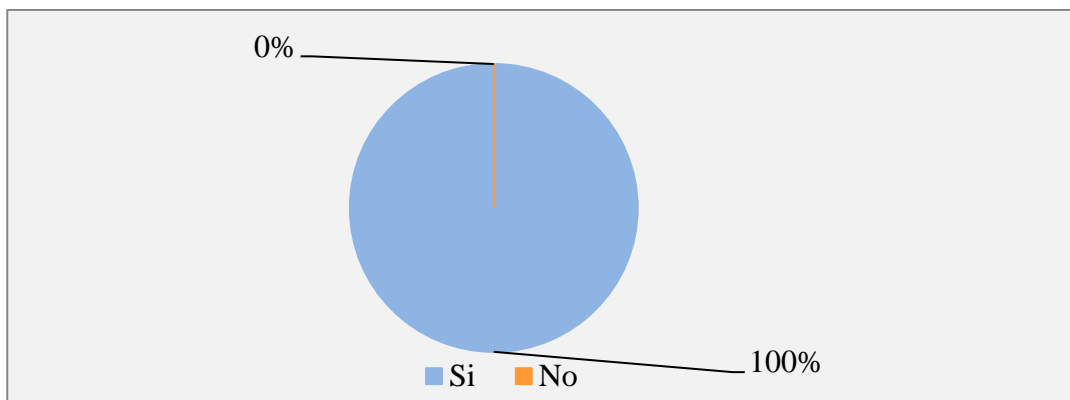
Directivos que consideran que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de mejorar la calidad de vida para los habitantes de la aldea.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	18	100
No	0	0
TOTAL	18	100

Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

Gráfica 19.

Directivos que consideran que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, es una forma de mejorar la calidad de vida para los habitantes de la aldea.



Fuente: Investigación propia, dirigida a Directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, abril de 2022.

**Análisis:** Basado en la información recabada, se contribuye a comprobar la variable independiente, ya que la totalidad de directivos, afirman que el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, es una forma de mejorar la calidad de vida para los habitantes de la aldea.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación realizado, al observar la problemática del mal estado del camino que conduce de barrio El Campamento, Chiquimulilla, hacia aldea Oliveros.

### IV.1 Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis siguiente: “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo.
2. El mal estado de la carretera es la principal causa de los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros.
3. Por ser una carretera de terracería, las lluvias la dañan constantemente, debido a la falta de drenajes transversales y longitudinales.
4. Los productores agrícolas no reciben ningún tipo de apoyo para el traslado de sus productos agrícolas al mercado, esto se debe a que el Consejo Comunitario de Desarrollo, no ha efectuado ninguna gestión al respecto.
5. El Concejo Municipal no tiene contemplado pavimentar la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, porque no han priorizado este proyecto.
6. La calidad de vida de los habitantes de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, se ha visto perjudicada al no contar con el proyecto para construcción de pavimento flexible.
7. La economía del área de estudio no ha podido desarrollarse adecuadamente por falta de proyecto para construcción de pavimento flexible.

#### IV.2 Recomendaciones

1. Implementar el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.
2. Agilizar los procesos de gestión que permita la ejecución inmediata del proyecto para construcción de pavimento flexible en camino de la zona de estudio.
3. Presentar ante las autoridades locales (Concejo Municipal de Chiquimulilla y Dirección Municipal de Planificación (DMP)), la solicitud de apoyo para gestionar la aprobación del proyecto, por medio del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE),
4. Gestionar ante las autoridades correspondientes, la aprobación del financiamiento para el proyecto, por medio de la municipalidad de Chiquimulilla, Santa Rosa y el Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE).
5. Diseñar y ejecutar el proyecto de mejoramiento de la carretera con pavimento flexible, para reducir los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros.
6. Mejorar la calidad de vida de los habitantes del área mediante la ejecución del proyecto para construcción de pavimento flexible.
7. Promover el desarrollo económico del área de estudio a través del proyecto para construcción de pavimento flexible.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUDELO. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Recuperado el 22 de Marzo de 2022, de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/diseño-geométrico-de-vías-john-jairo-agudelo.pdf>
2. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). *www.bestmaterials.com*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de [https://www.bestmaterials.com/PDF\\_Files/geometric\\_design\\_highways\\_and\\_streets\\_aashto.pdf](https://www.bestmaterials.com/PDF_Files/geometric_design_highways_and_streets_aashto.pdf)
3. BAÑON, BEVIÁ. (2000). Recuperado el 19 de Enero de 2022, de [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-carreteras\\_luis-bañon-y-jose-bevia\\_elementos-y-proyecto.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-carreteras_luis-bañon-y-jose-bevia_elementos-y-proyecto.pdf)
4. BONETT. (2014). *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible*. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de [https://www.google.com/search=Guía+de+procesos+constructivos+de+una+vía+en+pavimento+flexible+\(Gabriel+Enrique+Bonett+Solano+2014\)](https://www.google.com/search=Guía+de+procesos+constructivos+de+una+vía+en+pavimento+flexible+(Gabriel+Enrique+Bonett+Solano+2014))
5. CARDENAS. (2013). Recuperado el 17 de Febrero de 2022, de [https://www.academia.edu/41350934/Diseño\\_Goemétrico\\_de\\_Carreteras\\_James\\_Cárdenas\\_Grisales](https://www.academia.edu/41350934/Diseño_Goemétrico_de_Carreteras_James_Cárdenas_Grisales)
6. FIUBA. (2018). *Conceptos Básicos sobre Pavimentos*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022
7. GIORDANI. LEONE. (2018). *Pavimentos*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/files/Pavimentos.pdf>

8. JAIMES. (2020). Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/30448/2020Andresjaimes.pdf>
  
9. KRAEMER, PARDILLO, ROCCI, ROMANA, SÁNCHEZ, DEL VAL. (2003). *Ingeniería de Carreteras*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de [https://www.academia.edu/43380215/Ingeniería\\_de\\_Carreteras\\_Vol\\_II\\_Carlos\\_Kraemer\\_José\\_María\\_Pardillo\\_Sandro\\_Rocci\\_Manuel\\_G\\_Romana\\_Víctor\\_Sánchez\\_Blanco\\_Miguel\\_Ángel\\_del\\_Val](https://www.academia.edu/43380215/Ingeniería_de_Carreteras_Vol_II_Carlos_Kraemer_José_María_Pardillo_Sandro_Rocci_Manuel_G_Romana_Víctor_Sánchez_Blanco_Miguel_Ángel_del_Val)
  
10. LÓPEZ. (2011). Recuperado el 22 de Marzo de 2022, de [https://www.academia.edu/38937590/Costos\\_de\\_Transporte](https://www.academia.edu/38937590/Costos_de_Transporte)
  
11. MONSALVE, GIRALDO, GAVIRIA. (2012). *Diseño de Pavimento Flexible y Rígido*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_03-02-0798398.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_03-02-0798398.pdf)
  
12. MONTEJO. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022
  
13. RONDON, REYES. (2007). *Metodología de Diseño de Pavimentos Flexibles*. Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1074/812>
  
14. SIECA, PCGIR, CEPREDENAC, AECID. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. Recuperado el 23 de Enero de 2022, de [https://interconecta.aecid.es/Gestióndelconocimiento/Manual\\_Centroamericanodenormasparaeldiseñogeometricodecarreteras2011.pdf](https://interconecta.aecid.es/Gestióndelconocimiento/Manual_Centroamericanodenormasparaeldiseñogeometricodecarreteras2011.pdf)

15. Structures, AASTHO GUIDE FOR Design of Pavement. (1993). *Diseño de Pavimentos (AASTHO 93)*. (I. O. Cordo, Ed.) Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de [https://www.academia.edu/34103801/DISENO\\_DE\\_PAVIMENTO\\_METODO\\_AASHTO\\_93\\_ESPANOL\\_1\\_](https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_)
16. TAPIA. (2013). Recuperado el 14 de Marzo de 2022, de [https://drive.google.com/file/d/1dh6RKCslh5fjPwsQne4lbspj\\_D\\_A8Yo1/view](https://drive.google.com/file/d/1dh6RKCslh5fjPwsQne4lbspj_D_A8Yo1/view)
17. TURCIOS, H. (2021). *Sector agrícola*. Recuperado el 7 de Abril de 2021, de Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala: [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-exterior/america-central-caribe/2021fichaicexagricolaguatemala\\_tcm30-576578.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-exterior/america-central-caribe/2021fichaicexagricolaguatemala_tcm30-576578.pdf)
18. UMSS (Facultad de Ciencias y Tecnología). (2004). *Manual Completo Diseño de Pavimentos*. Recuperado el 12 de Marzo de 2022, de [https://www.academia.edu/16406141/Libro\\_de\\_Pavimentos?email\\_work\\_card=view-paper](https://www.academia.edu/16406141/Libro_de_Pavimentos?email_work_card=view-paper)
19. WESTREICHER, G. (2020). *Producción agrícola*. Recuperado el 7 de abril de 2022, de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/produccion-agricola.html>
20. Ingenieros Consultores de Centro America, S.A. (Septiembre 2001). LIBRO AZUL, *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Recuperado el 12 de marzo de 2023. <https://www.caminos.gob.gt/files/Desc-LibroAzul-Sept2001.pdf>



## ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de Investigación y Proyectos: Dominó

#### Modelo de investigación y proyectos: Dominó

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

Elaborado por: Gustavo Arnulfo Cabrera Carrillo

Para: Programa de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala

Fecha: 24 de mayo de 2023

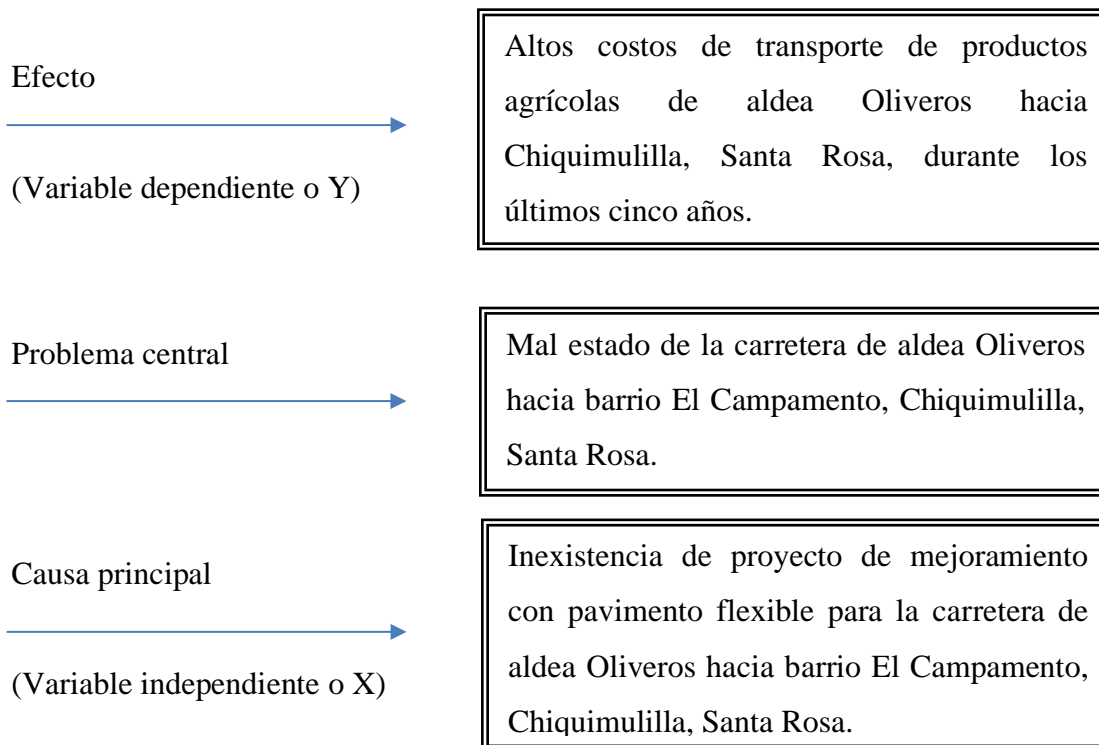
Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años.	4) Objetivo general Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Después del tercer año de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se disminuyen los costos de transporte de productos agrícolas en un 66.67%. Verificadores: Encuestas, Entrevistas. Cooperantes o Supuestos: El Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) contribuye con la regulación de los costos de transporte de productos agrícolas.
2) Problema central Mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	5) Objetivo específico Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	
3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	6) Nombre Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año después de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se mejora el estado de la carretera en un 95%. Verificadores: Reporte de inauguración del proyecto, Encuestas, Entrevista, Informe fotográfico. Cooperantes o Supuestos: El Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE) contribuye con la gestión de financiamiento del proyecto.
7) Hipótesis “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera”.	12) Resultados o productos *Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”. * Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla. * Se formula el programa de socialización para los habitantes.	
8) Preguntas clave y comprobación del efecto 1. ¿Considera alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla? Sí___ No ___ 2. ¿Conoce la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas? Sí___ No___ si es si su respuesta ¿Cuál? _____ 3. ¿El Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) ha buscado alguna solución al alto costo de transporte de productos agrícolas? Sí ___ No ___ Será dirigida a los 100 productores agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, Boletas 43, población finita, variable cualitativa (0.5 de P y 0.5 de Q.) Nivel de confianza 90% y error de muestreo 9.5%.	13) Ajuste de costos y tiempo (por separado) (No aplica)	

<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuenta con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa? Si__ No__</li> <li>2. ¿Ha priorizado el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento? Si__ No__</li> <li>3. ¿Considera indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento? Si__ No__</li> </ol> <p>Será dirigida a los 9 directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de la aldea, Dirección Municipal de Planificación (DMP) y Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, mediante un censo.</p>	<p>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias</p> <p>Forma de presentar resultados:  El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:  R1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”.  A1  An</p> <p>R2: Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.  A1  An</p> <p>R3: Se formula el programa de socialización para los habitantes.  A1  An</p>
<p>10) Temas del Marco Teórico</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carreteras.</li> <li>2. Clasificación de carreteras.</li> <li>3. Tipos de pavimento.</li> <li>4. Pavimento flexible.</li> <li>5. Diseño geométrico de pavimentos.</li> <li>6. Proyecto de mejoramiento.</li> <li>7. Construcción de pavimento.</li> <li>8. Productos agrícolas.</li> <li>9. Costos de transporte.</li> </ol>	
<p>11) Justificación</p> <p>El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.</p>	

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

### Árbol de problemas

Tópico: Mal estado de la carretera de aldea Oliveros



### Hipótesis:

“Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”

¿Será la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia Barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, por el mal estado de la carretera, la causante del incremento en el costo de transporte; durante los últimos cinco años?

## Árbol de Objetivos

Fin u objeto general



Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.

Objetivo específico



Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

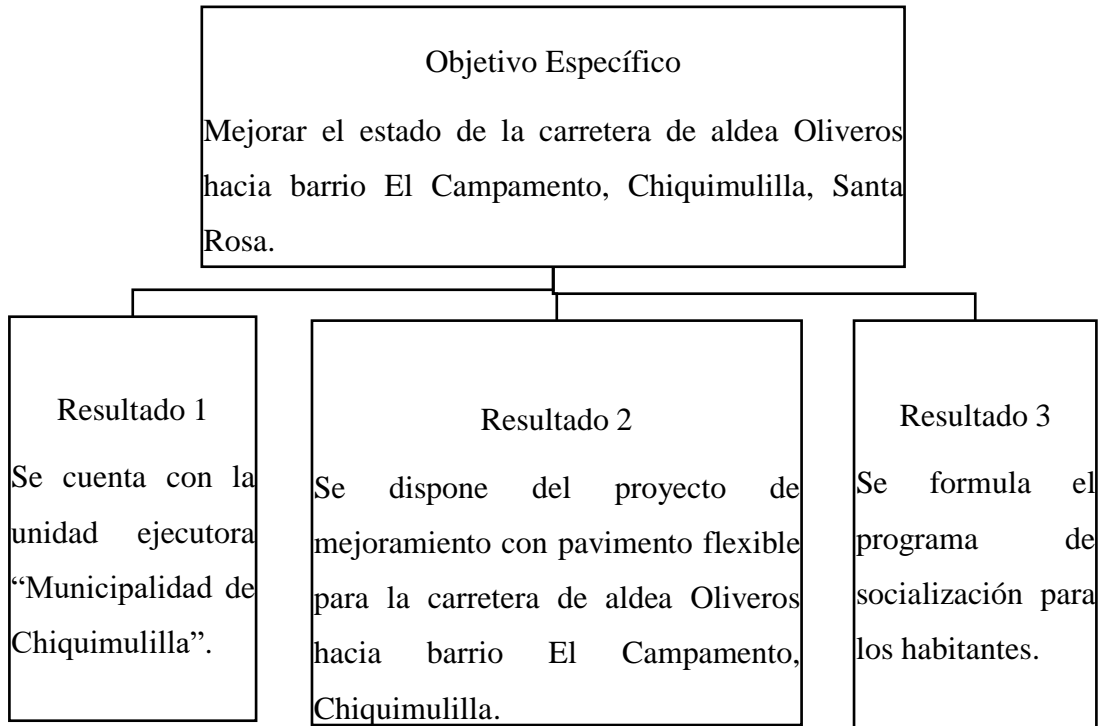
Medio



Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática

Con el propósito de proveer una solución, para disminuir los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros a Chiquimulilla, se plantea la siguiente propuesta de solución a la problemática identificada:



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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: “Altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años.”

Esta boleta está dirigida a los productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera alto el costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Conoce la causa principal del alto costo de transporte de productos agrícolas?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ si es si su respuesta ¿Cuál? \_\_\_\_\_

3. ¿El Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) ha buscado alguna solución al alto costo de transporte de productos agrícolas?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Considera que las condiciones climáticas (lluvias) afectan los costos de transporte de los productos agrícolas?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Alguna institución ha priorizado contribuir con algún tipo de apoyo para el transporte de productos agrícolas?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ si es si su respuesta ¿Cuál? \_\_\_\_\_

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

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

Anexo 5: Boleta de investigación para comprobación de la causa

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: “Inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.”

Esta boleta censal está dirigida a los directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de la aldea, Dirección Municipal de Planificación (DMP) y Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Cuenta con el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Ha priorizado el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿Considera indispensable el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_



4. ¿Considera el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, como una forma de impulsar el desarrollo para los productores agrícolas de la aldea?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Considera el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, como una forma de mejorar la calidad de vida, para los habitantes de la aldea?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

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

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

Anexo 6: Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de muestra

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Población finita cualitativa

Variable dependiente

El cálculo de la muestra se realiza con el 90% del nivel de confianza y el 9.5 % de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa. Con base a 100 productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, se calculó una muestra de 43 productores agrícolas a encuestar.

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra con los parámetros arriba indicados es la siguiente:

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

De donde:

Z = Valor tabulado = 1.645

p = Probabilidad de éxito = 0.5

q = Probabilidad de fracaso = 0.5

d = error de muestreo = 0.095

n = tamaño de la muestra = 43

N = Población = 100

Se aclara que se utilizó el 50% del valor p, debido a que no se contaban con investigaciones previas al respecto; lo que supone es la máxima variación en las combinaciones de (p) (q).

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Este coeficiente es un indicador estadístico que indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta y proyectar dichas variables. En este caso el coeficiente de correlación es igual a 0.99, lo que indica que el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de la línea recta; cuya fórmula simplificada es la siguiente:  $y = a+bx$ .

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $> +- 0.80$  a  $\leq +-1$ .

A continuación, se presentan los cálculos y fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

Se determinó que la variable “X” obedece al tiempo y la variable “Y” al incremento en los costos de transporte de productos agrícolas en quetzales por quintal.

Año	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Años	Costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal.			
2018	1	9	9.00	1	81.00
2019	2	10	20.00	4	100.00
2020	3	12	36.00	9	144.00
2021	4	14	56.00	16	196.00
2022	5	15	75.00	25	225.00
Totales	15	60	196.00	55	746.00

n=	5	
$\sum X=$	15	
$\sum XY=$	196	
$\sum X^2=$	55	
$\sum Y^2=$	746.00	Fórmula:
$\sum Y=$	60	
$n\sum XY=$	980	$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2 * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$
$\sum X * \sum Y=$	900	
Numerador=	80	
$n\sum X^2=$	275	
$(\sum X)^2=$	225	
$n\sum Y^2=$	3730.00	
$(\sum Y)^2=$	3600.00	
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50	
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	130	
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)=$	6500.00	
Denominador:	80.62257748	
r=	<b>0.992277877</b>	

#### Análisis:

Al obtener el resultado del coeficiente de correlación  $r = 0.99$ . Se comprueba que las variables descritas en los cálculos están debidamente correlacionadas, debido a que el valor (r) está dentro del rango permitido, se valida la problemática planteada y se procede a realizar la proyección mediante la línea recta.

## Anexo 8: Anexo metodológico de la proyección lineal

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal del fenómeno estudiado.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a una serie histórica dada, la que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como un comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente:  $y=a+bx$ .

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $> +0.80$  a  $\leq -1$ ; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes, por el método de la línea recta ( $Y = a + b x$ ), del incremento en los costos de transporte de productos agrícolas en quetzales por quintal, durante los últimos cinco años.

Año	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Años	Costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal.			
2018	1	9	9.00	1	81.00
2019	2	10	20.00	4	100.00
2020	3	12	36.00	9	144.00
2021	4	14	56.00	16	196.00
2022	5	15	75.00	25	225.00
Totales	15	60	196.00	55	746.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	196
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	746.00
$\sum Y=$	60
$n\sum XY=$	980
$\sum X*\sum Y=$	900
Numerador de b:	80
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	1.6
Numerador de a:	
$\sum Y=$	60
$b * \sum X =$	24
Numerador de a:	36
a=	7.2

Formulas:

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

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

Cálculos de la proyección sin proyecto

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2023)=	a	+	(b * X)	
Y(2023)=	7.2	+	1.6	X
Y(2023)=	7.2	+	1.6	6
Y(2023)=	16.8			
Y(2023)=	Q.16.80 costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2024)=	a	+	(b * X)	
Y(2024)=	7.2	+	1.6	X
Y(2024)=	7.2	+	1.6	7
Y(2024)=	18.4			
Y(2024)=	Q.18.40 costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2025)=	a	+	(b * X)	
Y(2025)=	7.2	+	1.6	X
Y(2025)=	7.2	+	1.6	8
Y(2025)=	20			
Y(2025)=	Q.20.00 costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2026)=	a	+	(b * X)	
Y(2026)=	7.2	+	1.6	X
Y(2026)=	7.2	+	1.6	9
Y(2026)=	21.6			
Y(2026)=	Q.21.60 costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * X)$				
Y(2027)=	a	+	(b * X)	
Y(2027)=	7.2	+	1.6	X
Y(2027)=	7.2	+	1.6	10
Y(2027)=	23.2			
Y(2027)=	Q.23.20 costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal			

### Cálculos de la proyección con proyecto

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

Fórmula:

Año a proyectar = Año anterior – Porcentaje de resolución propuesto.

Y (2023)	=	Y(2022)	-	10.00%	=
Y (2023)	=	15	-	1.5	13.50
Y (2023)	=	Q 13.50	costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal		

Y (2024)	=	Y(2023)	-	48.15%	=
Y (2024)	=	13.50	-	6.5	7.00
Y (2024)	=	Q 7.00	costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal		

Y (2025)	=	Y(2024)	-	28.50%	=
Y (2025)	=	7.00	-	1.99	5.00
Y (2025)	=	Q 5.00	costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal		

Y (2026)	=	Y(2025)	-	0%	=
Y (2026)	=	5.00	-	0	5.00
Y (2026)	=	Q 5.00	costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal		

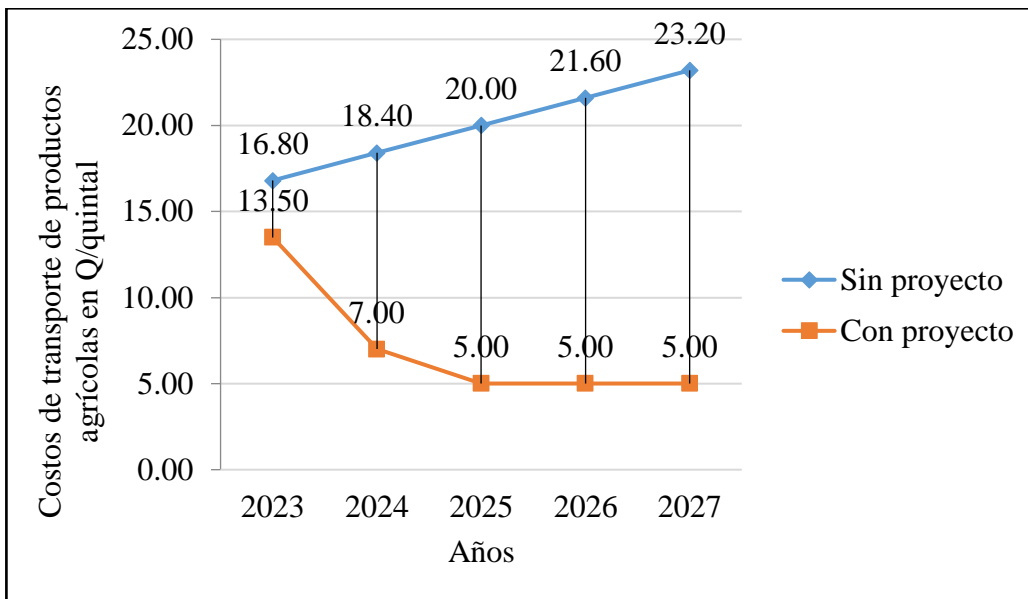
Y (2027)	=	Y(2026)	-	0%	=
Y (2027)	=	5.00	-	0	5.00
Y (2027)	=	Q 5.00	costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal		



Cuadro comparativo de la problemática sin y con proyecto

Año	Costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal	
	Sin proyecto	Con proyecto
2023	16.80	13.50
2024	18.40	7.00
2025	20.00	5.00
2026	21.60	5.00
2027	23.20	5.00

Gráfica comparativa de la problemática sin y con proyecto



Análisis: Como se puede notar en la gráfica comparativa, de realizarse el proyecto para el 2027, se podría disminuir a Q. 5.00 los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, caso contrario de no realizarse, aumentaría a Q. 23.20, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Anexo 9. Matriz de estructura lógica.

Componentes del plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general. Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.	Después del tercer año de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se disminuyen los costos de transporte de productos agrícolas en un 66.67%.	Encuestas, Entrevistas.	El Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) contribuye con la regulación de los costos de transporte de productos agrícolas.
Objetivo específico. Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	Al primer año después de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se mejora el estado de la carretera en un 95%.	Reporte de inauguración del proyecto, Encuestas, Entrevista, Informe fotográfico.	El Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE) contribuye con la gestión de financiamiento del proyecto.
Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”.			

<p>Resultado 2</p> <p>Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.</p>			
<p>Resultado 3</p> <p>Se formula el programa de socialización para los habitantes.</p>			

Gustavo Arnulfo Cabrera Carrillo

TOMO II

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUMULILLA, SANTA ROSA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, julio de 2023

Informe final de graduación

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Gustavo Arnulfo Cabrera Carrillo

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, julio de 2023

Informe final de graduación

PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA  
CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO,  
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciada Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, julio de 2023

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

## Prólogo

Conforme a los lineamientos otorgados por la Universidad Rural de Guatemala, para el Programa de Graduación, se realizó la investigación para la propuesta, “Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa”. Como parte de los requisitos para optar al título de Licenciatura en Ingeniería Civil, con énfasis en Construcciones Rurales.

Para confirmar la hipótesis planteada se contó con el apoyo de los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, Dirección Municipal de Planificación (DMP), Concejo Municipal de Chiquimulilla y productores agrícolas de aldea Oliveros.

La elaboración de la propuesta se efectúa con el objeto de poder aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil, para la realización del diseño geométrico de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

El propósito fundamental de la presente propuesta, es disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, mediante la construcción del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, al contar con el proyecto ejecutado, se reducirá el costo de transporte.

Con base a la información recabada de la investigación realizada, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema de alto costo de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.



## Presentación

En cumplimiento a lo estipulado por la Universidad Rural de Guatemala, previo a optar al título universitario de Licenciatura en Ingeniería Civil, con énfasis en Construcciones Rurales, se elaboró el trabajo denominado “Proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa”.

El trabajo tiene como base, la investigación del costo de traslado de productos agrícolas, relacionado con las condiciones en las cuales se mantiene el camino de la zona de estudio.

El informe es presentado de manera adecuada a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, lo cual permitió comprobar el aumento en los precios de traslado de productos agrícolas, por el mal estado de la carretera, como consecuencia principal, a falta de un proyecto de mejoramiento con pavimento flexible de la carretera.

Como medio para solucionar la problemática, se propuso buscar las estrategias correspondientes que orienten a las autoridades, tanto locales, como administrativas, con el propósito de gestionar los recursos económicos necesarios, para la implementación de un proyecto el cual va a mejorar las condiciones del camino por medio de la pavimentación.

La actividad investigativa que se realizó sirve como aporte para reducir el costo del traslado de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento. De la misma forma, se presenta la información para la unidad ejecutora, a la que corresponde llevar a cabo la realización de las actividades que fueren necesarias, para poder dar cumplimiento y seguimiento a lo establecido en la propuesta en general.

## Índice general

No.	Contenido	Página
I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	15
	ANEXOS.	

## I. RESUMEN

El presente trabajo hace una síntesis general del proyecto para el programa de graduación, el cual tiene su enfoque en hallar una solución para la problemática encontrada, respecto a los altos costos de transporte para el traslado de los productos agrícolas hacia el mercado local, que sufren los productores agrícolas de aldea Oliveros, debido al mal estado en que se encuentra el camino que comunica con la cabecera municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa.

El análisis de la problemática permite crear una propuesta, que solucione a corto o mediano plazo el problema encontrado, para el mejoramiento del camino, al implementar un proyecto con pavimento flexible.

### Planteamiento del problema

El municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, en muchas de sus aldeas y comunidades, no cuenta con carreteras pavimentadas, la mayor parte de carreteras son de terracería y no tienen un mantenimiento periódico, lo que ocasiona problemas a los habitantes al trasladarse de un lugar para otro.

Este efecto se ha percibido por el mal estado del camino de la zona, a causa de que ha sido descuidado por las autoridades encargadas de velar por el mantenimiento preventivo, especialmente durante la época lluviosa, que provoca zanjas longitudinales y transversales por escorrentía pluvial.

El mal estado de las carreteras, como es el caso de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, tiene como consecuencia el alto costo de transporte de productos agrícolas, y por consiguiente

repercute en la economía de los productores agrícolas de aldea Oliveros, debido a que para poder llevar sus productos al mercado local, tienen que pagar altos costos.

El problema se presenta como consecuencia de no contar con un proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, el cual permita mejorar la infraestructura vial del tramo carretero, para facilitar la circulación y evitar el deterioro de los vehículos que transitan por el área, de esta forma los costos de transporte de productos agrícolas puedan disminuir.

Al proponer que se implemente esta propuesta, se pretende que las autoridades encargadas de velar por esta problemática, cuenten con una alternativa de solución a corto plazo al problema encontrado y al poder llevar a cabo el proyecto, se pueda contar con una vía transitable, que facilite el traslado de productos agrícolas y reduzca los costos de los mismos.

#### Hipótesis

Basado en el trabajo de investigación realizado, conforme a la metodología que proporciona la Universidad Rural de Guatemala, se pudo establecer la hipótesis de trabajo siguiente:

“Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”

¿Será la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, por el mal estado de la carretera, la causante del incremento en el costo de transporte; durante los últimos cinco años?

## Objetivos

El desarrollo de la investigación implicó el planteamiento de los objetivos general y específico, los cuales a medida que la investigación avance deben alcanzarse para comprobar la veracidad de la hipótesis y la forma de solucionar la problemática.

### General

Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.

### Específico

Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

## Justificación

El propósito de este tipo de infraestructura, conocido como caminos rurales, es asegurar que las comunidades rurales tengan un acceso equitativo a bienes y servicios que puedan promover el desarrollo social y económico al mismo tiempo que mejoran la calidad de vida, el bienestar social, la educación, la salud, y la seguridad de sus habitantes.

La planificación y el análisis para mejorar los caminos rurales son actividades clave para garantizar la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los usuarios provenientes de las comunidades.

Cuando los caminos son malos, el servicio de abastecimiento de insumos para la producción y compra de los productos agrícolas para la comercialización, es prestado

por uno o pocos intermediarios, con lo que desaparece la competencia, posiblemente porque bajo esas condiciones los costos de operación del transporte son altos, lo que desmotiva a otros potenciales prestadores de estos servicios. Como resultado de lo anterior, los márgenes de ganancia del intermediario se vuelven más altos, se limita el interés de los agricultores a invertir en cultivos de alto valor comercial.

Los habitantes de aldea Oliveros son personas que en su mayoría se dedican a la agricultura, dicha actividad es la mayor fuente de ingresos económicos, la cual se ve afectada por el mal estado de la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Con base a los datos recabados de los últimos cinco años, se deduce que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, ha aumentado de Q. 9.00 en el año 2018 a Q. 15.00 en el año 2022, esta información representa un aumento del 66.67% durante los últimos cinco años, se evidencia un promedio de aumento del 16.67% al año, esto se debe al mal estado del camino, lo cual genera deterioro a los medios de transporte, a causa de la falta de un proyecto para construcción de pavimento flexible.

Esta situación tenderá al incremento de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, en los siguientes cinco años, de no tomar las medidas necesarias para llevar a cabo la propuesta y contrarrestar la problemática, la proyección indica que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, para el año 2027, será de Q. 23.20. Lo que representa un aumento del 54.67% en relación al costo de Q. 15.00 del año 2022.

Por lo tanto, se cataloga como urgente implementar como solución del problema una propuesta para el mejoramiento de la carretera con pavimento flexible, que facilite la circulación y conservación del transporte, para la reducción del costo de transporte de productos agrícolas.

De llevarse a cabo la propuesta, para el año 2025, se proyecta que los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, disminuirá a Q. 5.00, en relación al costo de Q. 15.00 del año 2022. Esta información representa una disminución del 66.67% de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, después del primer año de ejecutado el proyecto, situación o acción que trae beneficio a los pobladores de la zona.

Es importante mencionar que si no se toman acciones para la realización del proyecto, con el objetivo de mejorar la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa, los productores agrícolas, seguirán con las consecuencias de los altos costos para el traslado de sus productos agrícolas al mercado, lo que influirá en una desmotivación en la población, para la realización de dicha actividad, la cual genera los productos de alimentación diaria para muchas poblaciones.

### Metodología

A continuación, se describen los métodos y técnicas utilizadas para desarrollar el presente trabajo de graduación.

### Métodos

La metodología utilizada varió en cuanto a la formulación de la hipótesis y comprobación de la misma, así: para la formulación de la hipótesis se utilizó como metodología fundamental el método deductivo, el cual se apoyó en el marco lógico para formar la hipótesis y los objetivos de la investigación, los cuales se muestran en el árbol de problemas y objetivos en el anexo del documento.

El método que se utilizó para comprobar la hipótesis fue el inductivo, el cual también contó con el apoyo de los métodos estadístico, análisis y síntesis.

A continuación se describe cómo se utilizan los métodos citados:

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

Lo que permitió la formulación de la hipótesis, fue principalmente el uso del método deductivo, que va de lo general a lo específico. Este método permitió identificar aspectos generales de la problemática que existe, para los productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa.

Método deductivo. En el cual se obtienen resultados específicos de la problemática, su finalidad principal es obtener una conclusión sobre un hecho, este es un método de investigación donde se realiza la creación de una hipótesis, sobre la investigación de una problemática, los problemas que se afrontan de la misma, se deducen consecuencias, se realizan análisis para comprobar estas deducciones.

Con este fin se emplearon las técnicas que se enumeran a continuación.

a) Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en la aldea Oliveros, en la cual, se observó la dificultad que tienen los productores agrícolas para trasladar sus productos agrícolas hacia el mercado de Chiquimulilla, esto se debe al deterioro del camino que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.

b) Investigación documental. Para evitar la duplicación de esfuerzos en relación con el trabajo académico desarrollado, se utilizó esta técnica para determinar si existían documentos similares o relacionados con el tema investigado. También se utilizó para obtener aportes y puntos de vista adicionales de otros investigadores sobre el tema en consideración. Las citas bibliográficas de los documentos consultados se listan en la bibliografía, la cual se obtuvo, al utilizar los archivos de referencias bibliográficas durante la revisión de documentos.



c) Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar a los productores agrícolas y a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Con una visión más amplia sobre la problemática de los productores agrícolas de aldea Oliveros, mediante el uso del método deductivo, por medio de las técnicas descritas anteriormente, se procedió a la formulación de la hipótesis, para ello se utilizó el método del marco lógico, que favoreció para identificar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, se pudo definir también la zona de estudio y el tiempo que se estableció para el desarrollo de la investigación.

La hipótesis formulada de la forma indicada dice: “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.”

El método del marco lógico también permitió identificar el objetivo general y específico de la investigación, entre otras cosas, y facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

Modelo de investigación y proyectos: Dominó

El modelo de investigación y proyectos Dominó, es un modelo primario de análisis, es la matriz donde se integran todos los elementos de una manera secuencial, para poder realizar una investigación, este modelo consta de 16 items, el cual se divide en 3 columnas tituladas, problema, propuesta y evaluación, cada una de las columnas con

sus respectivos ítems, relacionadas entre sí, y lleva la secuencia de los pasos a seguir en el proceso investigativo.

Por medio del método de investigación y proyectos Dominó, se estructura la base que sirve como guía para la elaboración de la tesis, y se lleva la secuencia de la problemática encontrada, la propuesta, los temas a investigar, los resultados a obtener y la forma de evaluar los resultados obtenidos, según la metodología empleada por la Universidad Rural de Guatemala.

Los temas que se solicitan en el dominó, incluyen los temas del marco teórico y el nombre de la tesis, es de vital importancia que el modelo dominó, se encuentre estructurado de manera correcta para obtener una buena guía en la investigación que se va a realizar.

Métodos y técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis, se utilizaron los métodos: inductivo, estadístico, analítico y sintético.

a) Método Inductivo. Este método fue el que se utilizó con mayor frecuencia para obtener los resultados específicos o particulares relacionados con el problema identificado; estos resultados específicos o particulares sirvieron de base para desarrollar conclusiones y premisas más amplias.

b) Método Estadístico. Esta metodología permitió la recolección, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables y valores numéricos de la investigación, se obtuvo mayor entendimiento de la realidad y una mejora en la toma de decisiones.

c) Método Analítico y Sintético. Mediante el uso de esta metodología, los componentes del estudio fueron recabados para permitir la construcción y síntesis del análisis del resultado, el tema del estudio fue abordado al utilizar los hechos para desarrollar las conclusiones y recomendaciones.

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

a) Entrevista. Previo al desarrollo de la entrevista, se diseñaron boletas de investigación con el fin de determinar la variable dependiente e independiente de la hipótesis planteada previamente. Antes de ser utilizados con la población objetivo, las boletas pasaron por un proceso de prueba para asegurar que las preguntas fueran tan efectivas como posible y que las respuestas proporcionarían la información necesaria, después de ser utilizadas; posteriormente a la verificación se procedió a la impresión de las boletas.

b) Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, para comprobar la variable dependiente (Y), se decidió trabajar con 100 productores agrícolas de aldea Oliveros, Chiquimulilla, seguidamente se procedió a realizar análisis del cálculo de la muestra con la fórmula para poblaciones finitas cualitativas, por ser mayor a 35 personas, con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, al obtener los resultados, se determinó la muestra de 43 productores agrícolas.

Para comprobar la variable independiente (X), se realizó la técnica del censo, la población que se entrevistó fueron, directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, Dirección Municipal de Planificación (DMP) y Concejo Municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, con un total de dieciocho (18) directivos, por ser menor a 35 personas, no se utilizó muestreo; con

lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100% y el margen de error del 0%.

Luego de recopilar la información contenida en las boletas, continuó la tabulación. Para ello se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos luego de utilizar las boletas de investigación, los cuales tuvieron como objetivo la confirmación de la hipótesis planteada previamente.

Después de interpretar la información mediante el método de análisis, se utilizó el método de síntesis, para agrupar y relacionar los elementos examinados, y después de la comprobación de los datos obtenidos, presentar las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la utilización del método de síntesis sirve además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados alcanzados producto de la investigación de campo efectuada, respecto a la hipótesis planteada.

#### Técnicas

Las técnicas utilizadas tanto en la formulación como en la verificación de la hipótesis fueron expuestas previamente, aunque variaron según las etapas de formulación y comprobación de la hipótesis; así:

Como se describe en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas utilizadas en la formulación de la hipótesis fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; se utilizó también la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otra parte, para la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista, el censo y el cálculo de la muestra.

Como se puede observar, la entrevista se realizó tanto en la fase de desarrollo de la hipótesis como en la comprobación de la misma. La investigación documental estuvo presente a lo largo de toda la investigación, además de las dos etapas mencionadas, y específicamente para ayudar a conformar el marco teórico.

### Coeficiente de correlación

Este coeficiente es un indicador estadístico que al efectuar el cálculo con la fórmula correspondiente, proporciona el grado de correlación de dos variables, la variable dependiente (efecto) y la variable independiente (causa); es decir el comportamiento gráfico de las mismas.

El coeficiente de correlación es la medida específica que cuantifica la intensidad de la relación lineal entre dos variables en un análisis de correlación. En los informes de correlación, este coeficiente se simboliza con la letra  $r$ .

El requisito para que las variables estén debidamente correlacionadas, indica, que es indispensable que el resultado del coeficiente de correlación debe estar comprendido dentro del rango  $\pm > 0.80$  a  $\pm < 1$ .

En el caso del tema investigado, las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2018 a 2022); mientras que “Y” en función de los costos de transporte de productos agrícolas en Q/quintal, de la zona de estudio.

En base al resultado obtenido al calcular la fórmula es:  $r = 0.99$ , el cual está dentro del rango permitido, se comprueba que las variables descritas en los cálculos están debidamente correlacionadas, se valida la problemática planteada y se procede a realizar la proyección mediante la línea recta.

Ecuación de la línea recta ( $y=a+bx$ )

Mide el comportamiento lineal entre dos datos o puntos proporcionados, sirve para efectuar una proyección a futuro con datos previamente obtenidos.

La ecuación  $y=a+bx$ , donde "y" sería la variable dependiente, es decir, aquella que viene definida a partir de la otra variable "x" (variable independiente). Para definir la recta hay que determinar los valores de los parámetros "a" y "b":

Resumen de resultados

Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”.

Actividad 1: Reunión a nivel de Concejo Municipal.

Actividad 2: Aprobación para gestionar ante autoridades superiores el financiamiento del proyecto.

Actividad 3: Gestionar el financiamiento para el proyecto.

Actividad 4: Aprobación del proyecto.

Actividad 5: Proceso de licitación para adjudicación del proyecto.

Actividad 6: Contratación de empresa constructora para ejecución del proyecto.

Actividad 7: Supervisar la ejecución del proyecto por medio de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

Actividad 8: Inauguración del proyecto.

Resultado 2: Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia Barrio El Campamento, Chiquimulilla.

Actividad 1: Estudio Topográfico.

Actividad 2: Diseño Geométrico.

Actividad 3: Estudio Geotécnico.

Acción 1: Tomar muestras del suelo existente en la carretera.

Acción 2: Tomar muestras de materiales a utilizar para las capas de sub base y base.

Actividad 4: Estudio de Tráfico.

Actividad 5: Diseño Estructural.

Actividad 6: Estudio Hidrológico.

Actividad 7: Estudio de Impacto Ambiental.

Actividad 8 Ejecución del proyecto.

Acción 1: Limpia, Chapeo y destronque.

Acción 2: Excavaciones y rellenos.

Acción 3: Colocación de drenajes transversales.

Acción 4: Reacondicionamiento de la Sub rasante.

Acción 5: Colocación capa de sub base.

Acción 6: Colocación capa de base.

Acción 7: Riego de imprimación

Acción 8: Riego de liga

Acción 9: Colocación capa de concreto asfáltico.

Acción 10: Construcción de drenajes longitudinales (cunetas).

Acción 11: Señalización horizontal y vertical.

Resultado 3: Se formula el programa de socialización para los habitantes.

Actividad 1: Colocación de rótulos de identificación del proyecto.

Actividad 2: Se divulga la construcción del proyecto por medio de emisoras locales.

Actividad 3: Se divulga la construcción del proyecto por medio de las redes sociales.

Actividad 4: Se proporciona información a Consejos Comunitarios de Desarrollo de comunidades.

Se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que además en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta, en el anexo 3, se adjuntan los planos del diseño geométrico, planta y perfil, la sección transversal, en el anexo 4,

se adjunta el presupuesto de los renglones y las cantidades de trabajo estimadas, que forman parte de la propuesta de solución.



## II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusión

Se comprueba la hipótesis siguiente: “Los altos costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa, durante los últimos cinco años, por el mal estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla; es debido a la inexistencia de proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera.” con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo.

### Recomendación

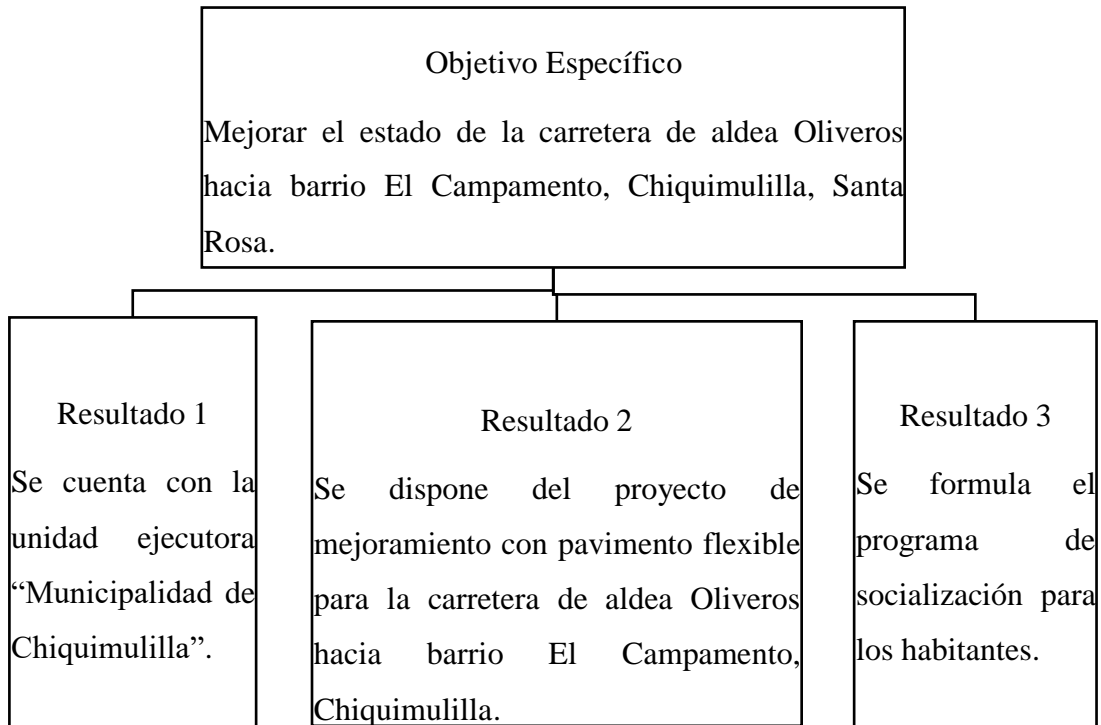
Basado en la investigación realizada, se recomienda llevar a cabo la solución de la problemática, a través de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, en camino que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

## ANEXOS.

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

La Municipalidad de Chiquimulilla, Santa Rosa, por medio de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), es la encargada de ejecutar la propuesta, para el proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, en carretera que conduce de barrio El Campamento hacia aldea Oliveros, Chiquimulilla, Santa Rosa, con el objetivo de disminuir los costos de transporte de productos agrícolas en el área de estudio.

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



Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”.

Actividad 1: Reunión a nivel de Concejo Municipal.

El alcalde municipal de Chiquimulilla, Santa Rosa, en reunión programada con el Concejo Municipal, socializa la necesidad de la construcción del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible de la carretera que conduce del barrio El Campamento hacia aldea Oliveros.

Actividad 2: Aprobación para gestionar ante autoridades superiores el financiamiento del proyecto.

Concejo Municipal se concientiza de la necesidad del proyecto en mención y acuerda efectuar la gestión del financiamiento para la ejecución del mismo.

Actividad 3: Gestionar el financiamiento para el proyecto.

Municipalidad de Chiquimulilla, Santa Rosa, solicita apoyo del Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE), para la gestión del financiamiento del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera que conduce del barrio El Campamento hacia Aldea Oliveros.

Actividad 4: Aprobación del proyecto.

Se aprueba el financiamiento para la construcción del proyecto y se aprueba la ejecución del mismo, previo a contratar a la empresa constructora.

Actividad 5: Proceso de licitación para adjudicación del proyecto.

Por ser un proyecto en el cual el monto excede los Q. 900,000.00 permitidos por la Ley de Contrataciones del Estado artículo 38, para compra directa; por medio de la administración municipal de Chiquimulilla, se somete a licitación el proyecto, para que las empresas constructoras participantes, puedan presentar sus ofertas técnicas y económicas.

Actividad 6: Contratación de empresa constructora para ejecución del proyecto.

Efectuado el proceso de licitación, la administración municipal de Chiquimulilla, contrata a la empresa que presentó la oferta ganadora, para ejecutar los trabajos de construcción del proyecto, y se procede a elaborar el respectivo contrato de obra, en donde se establece la fecha de inicio del mismo.

Actividad 7: Supervisar la ejecución del proyecto por medio de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

La Municipalidad de Chiquimulilla, Santa Rosa, por medio de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), contrata al personal necesario, para la supervisión de la ejecución de los renglones que se contemplan en el cuadro de cantidades, para la construcción del proyecto.

Actividad 8: Inauguración del proyecto.

Con la presencia del alcalde municipal, concejo municipal de Chiquimulilla, representantes del Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE), directivos del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) y pobladores de las aldeas beneficiadas con la obra construida, se efectúa el acto de inauguración y entrega del proyecto.

Resultado 2: Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla.

Actividad 1: Estudio Topográfico.

Se efectúa el levantamiento topográfico de las secciones originales de toda la longitud del proyecto, se establecen bancos de marca, se identifica la estación de inicio 0+000 y final 6+744, las estructuras existentes, centro y orilla de camino, terreno natural, cerco; para ello se utiliza una cuadrilla de topografía, con su equipo de topografía necesario (estación total, Colectora de datos, prisma, trípode).

#### Actividad 2: Diseño Geométrico.

Se define la traza del proyecto, se elaboran los planos en planta, donde se establecen las alineaciones horizontales, los planos del perfil longitudinal, donde se establecen las alineaciones verticales y el perfil transversal, donde se establecen los peraltes, el bombeo y la inclinación transversal de la rasante de la carretera, para ello se contrata a una persona especializada en diseño de carreteras.

#### Actividad 3: Estudio Geotécnico.

##### Acción 1: Tomar muestras del suelo existente en la carretera.

Se tomará muestra del suelo existente en la carretera, se elaboran calicatas a cada 500 metros, con una profundidad de 1.50 m, con el objetivo de efectuar ensayos de laboratorio (proctor y CBR), para determinar la capacidad portante del suelo existente en la carretera, el contenido de humedad óptimo, para poder alcanzar la máxima densidad del suelo; así poder aportar información para diseñar los espesores de las capas de pavimento.

##### Acción 2: Tomar muestras de materiales a utilizar para las capas de sub base y base.

Se tomará muestras de los bancos de materiales a usar para la conformación de la capa de sub base, el cual será un banco de material de préstamo o selecto y para la capa de base, que será un material triturado, para efectuar los correspondientes ensayos de laboratorio (granulometría, plasticidad, equivalente de arena, etc).

#### Actividad 4: Estudio de Tráfico.

Se efectúa el conteo y clasificación del volumen de tráfico sobre la ruta de estudio, como mínimo 7 días, las 24 horas, para determinar la cantidad de tránsito promedio diario (TPD), tránsito promedio diario de camiones (TPDC), lo cual permita realizar las proyecciones de los vehículos que puedan circular a lo largo del periodo de vida del pavimento y poder establecer los espesores mínimos a colocar en las diferentes capas de pavimento.

#### Actividad 5: Diseño Estructural.

Al contar con el informe proporcionado por el estudio geotécnico, en donde se determinó la propiedades físicas y mecánicas de los materiales a utilizar en el proyecto, así como el informe del estudio de tráfico, que establece las cargas a que será sometida la estructura, se procede a determinar la cantidad y el espesor de las diferentes capas dentro de la estructura de pavimento requerida.

#### Actividad 6: Estudio Hidrológico.

Se efectuará un análisis para determinar si los drenajes transversales (tuberías), se encuentran en buen estado y si cumplen su función para evacuar los caudales máximos de retorno para los años vida útil que se diseña el proyecto. Así como las recomendaciones de la sección a diseñar para los drenajes longitudinales (cunetas).

#### Actividad 7: Estudio de Impacto Ambiental.

Se contratará un Ingeniero Ambiental, quien será el encargado de elaborar el estudio de impacto ambiental (EIA), para poder identificar y predecir los efectos sobre el ambiente, que provocará el proyecto a ejecutar, se incluye la explotación de bancos de material, botaderos y la mitigación del impacto al finalizar la obra.

#### Actividad 8 Ejecución del proyecto.

Se inician las actividades de construcción del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible de la carretera para la carretera que conduce de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.

#### Acción 1: Limpia, Chapeo y destronque.

Se procede a efectuar la limpieza de material vegetal o basura que se encuentra sobre la superficie de la carretera existente y sobre la ampliación si fuere necesaria, con una retroexcavadora para cargar el material y camiones de volteo, para el traslado del material hacia el botadero autorizado para depósito de los mismos.

#### Acción 2: Excavaciones y rellenos.

Se efectúan cortes de material excedente según rasante de diseño, en toda la longitud del proyecto, para trasladarlos hacia el botadero destinado para el mismo; así mismo se acarrea material procedente de un banco de material de préstamo, para la nivelación de las áreas que necesite rellenos, según rasante de diseño. En esta actividad se utiliza una excavadora y camiones de volteo.

#### Acción 3: Colocación de drenajes transversales.

Se procede a efectuar la excavación y el respectivo relleno estructural en la colocación de tuberías nuevas, con un diámetro de 36 pulgadas, para drenar la escorrentía pluvial, en toda la longitud del proyecto, según recomendación en el informe de Hidrología, las cuales fueron contempladas en el diseño del proyecto. Se debe utilizar tubería corrugada de polietileno, debido a que es más resistente a la abrasión en comparación con las tuberías de concreto y tuberías metálicas. Posteriormente se construye a cada tubería, su caja y cabezal de concreto.

#### Acción 4: Reacondicionamiento de la Sub rasante.

Posteriormente a la ejecución de cortes y rellenos, donde fuere necesario y a la colocación de las tuberías transversales, se efectúa escarificado, mezclado, homogenizado, conformado y compactado de la capa de sub rasante, con un espesor de 0.20 m. en toda la longitud del proyecto, se utilizan las máquinas, motoniveladora, compactador vibrador autopropulsable y un camión regador de agua para mantener la humedad óptima al material mezclado.

Para comprobar el porcentaje de compactación de la capa, que no debe ser menor al 95%, se efectúa chequeo de densidades a cada 400 m<sup>2</sup> del área a recepcionar. Se debe chequear, mediante el uso de la Viga Benkelman de acuerdo a la norma (AASHTO T 256), si la deflexión de la capa de sub-rasante, conformada y compactada, cumple con el valor máximo de deflexión aceptable.

#### Acción 5: Colocación capa de sub base.

Se utiliza un banco de material previamente seleccionado que cumpla con los requisitos para la capa de sub base común y se acarrea el material necesario para cubrir la capa de sub rasante recibida, con un espesor de 0.15 m. compactado; se efectúa el tendido, mezclado, homogenizado, nivelado y compactado del material, en toda la longitud del proyecto, se utilizan las máquinas, motoniveladora, compactador vibrador autopropulsable y un camión regador de agua para mantener la humedad óptima al material mezclado.

Para comprobar el porcentaje de compactación de la capa, que no debe ser menor del 97%, se efectúa chequeo de densidades a cada 400 m<sup>2</sup> del área a recepcionar.

Se debe controlar, por medio de la Viga Benkelman de conformidad con (AASHTO T 256), si la deflexión de la capa de base, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa.

#### Acción 6: Colocación capa de base.

En esta capa se utiliza un material que contenga grava y material de relleno, previamente pasado por una trituradora de materiales, la cual efectúa la desintegración de la piedra a la graduación requerida y la mezcla con los finos, que cumpla con la granulometría especificada.

Se acarrea el material necesario para cubrir la capa de sub base recibida, con un espesor de 0.15 m. compactado; se efectúa el tendido, mezclado, homogenizado, nivelado y compactado del material, en toda la longitud del proyecto, se utilizan las máquinas, motoniveladora, compactador vibrador autopropulsable y un camión regador de agua para mantener la humedad óptima al material mezclado. Para comprobar el porcentaje de compactación de la capa, que no debe ser menor del 97%, se efectúa chequeo de densidades a cada 400 m<sup>2</sup> del área a recepcionar.



Se debe controlar, por medio de la Viga Benkelman de conformidad con (AASHTO T 256), si la deflexión de la capa de base, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa.

#### Acción 7: Riego de imprimación

Para impermeabilizar la capa de base trabajada, después de haber barrido la superficie, se debe efectuar un riego de asfalto líquido (emulsión), por medio de riego a presión, con un punto de riego aproximado de 0.30 gls/m<sup>2</sup>. Se debe utilizar una barredora y una distribuidora de asfalto. Al obtener la impermeabilización de la superficie, debe efectuarse un riego de material arenoso (secante).

#### Acción 8: Riego de liga

Para mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies, antes de colocar la capa de concreto asfáltico, se debe efectuar un riego con asfalto líquido (emulsión), con un punto de riego de 0.07 gls/m<sup>2</sup>. Para efectuar el riego se utiliza una distribuidora de asfalto.

#### Acción 9: Colocación capa de concreto asfáltico.

Se debe procesar en una planta de producción de mezcla asfáltica en caliente, la mezcla que se utilizará para la colocación de la carpeta asfáltica. Esta mezcla debe contar con un estricto control de calidad en el proceso de producción, para corroborar la dosificación de los diferentes materiales que conforman la misma.

Previamente al ser acarreada la mezcla asfáltica en caliente, desde la planta de producción hacia el tramo de colocación, al tener una superficie limpia de maleza o materiales sueltos, se debe extender la mezcla sobre la pista, con una colocadora de asfalto, se efectúa el procedimiento de colocación, en dos capas compactadas de 0.04 m. cada una; para compactar se debe utilizar un rodo doble tándem y una compactadora neumática.

Acción 10: Construcción de drenajes longitudinales (cunetas).

Se debe construir canales tipo cunetas revestidas de concreto, a ambos lados de la carretera, con un espesor de 0.07 m., la cuales deben canalizar el agua y conducirla a los drenajes transversales, con ello se garantiza que el agua no dañe la capa de pavimento flexible.

Los agregados utilizados en la fabricación del concreto para revestir las cunetas, debe estar limpio de impurezas. El concreto deberá alcanzar una resistencia a la compresión mínima de 2,000 psi, elaborándose cilindros de concreto, para comprobación de la resistencia deseada.

Acción 11: Señalización horizontal y vertical.

Al finalizar la colocación del pavimento flexible, se debe colocar la señalización horizontal (pintura de líneas, blanco, amarillo y las vialetas para señalización nocturna), señalización vertical, según se indique en los planos de diseño.

Resultado 3: Se formula el programa de socialización para los habitantes.

Actividad 1: Colocación de rótulos de identificación del proyecto.

Se colocará dos rótulos, uno al inicio y el otro al final, los cuales contendrán la información del nombre del proyecto, el monto total del proyecto, la institución que financió el proyecto y el ente ejecutor de proyecto.

Actividad 2: Se divulga la construcción del proyecto por medio de emisoras locales.

Se emiten comunicados por medio de las emisoras locales, para anunciar el inicio de las actividades que conllevan la ejecución del proyecto.

Actividad 3: Se divulga la construcción del proyecto por medio de las redes sociales.

Se publica en páginas locales de redes sociales, el inicio de actividades para ejecución del proyecto.

Actividad 4: Se proporciona información a Consejos Comunitarios de Desarrollo de comunidades.

Se socializa a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo de las comunidades aledañas a la construcción del proyecto, para que ellos en reunión de población, proporcionen la información respecto a la ejecución del proyecto.

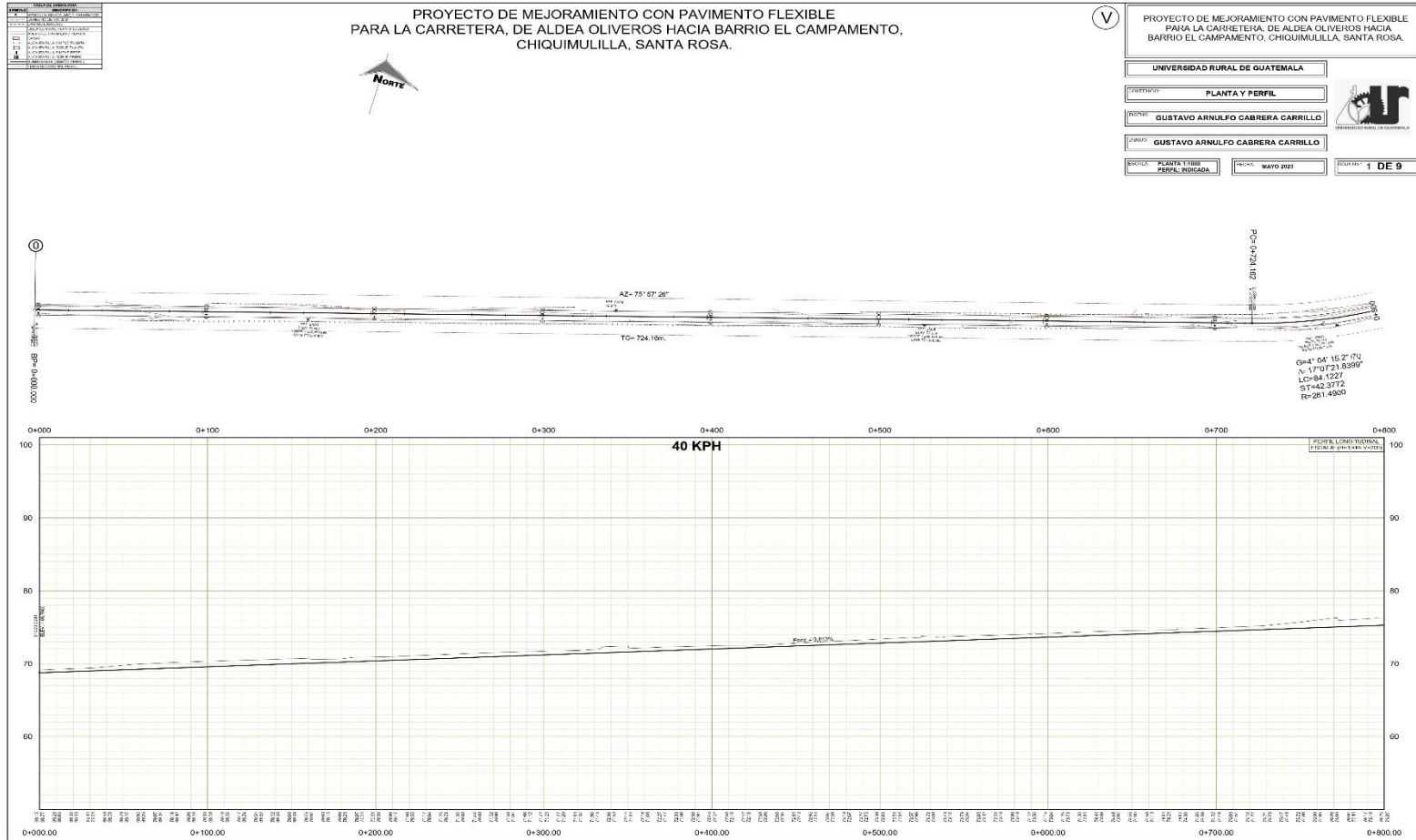
Anexo 2. Matriz de estructura lógica.

Componentes del plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general. Disminuir costos de transporte de productos agrícolas de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla, Santa Rosa.	Después del tercer año de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se disminuyen los costos de transporte de productos agrícolas en un 66.67%.	Encuestas, Entrevistas.	El Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) contribuye con la regulación de los costos de transporte de productos agrícolas.
Objetivo específico. Mejorar el estado de la carretera de aldea Oliveros hacia barrio El Campamento, Chiquimulilla, Santa Rosa.	Al primer año después de la ejecución del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible, se mejora el estado de la carretera en un 95%.	Reporte de inauguración del proyecto, Encuestas, Entrevista, Informe fotográfico.	El Consejo Departamental de Desarrollo (CODEDE) contribuye con la gestión de financiamiento del proyecto.
Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Chiquimulilla”.			

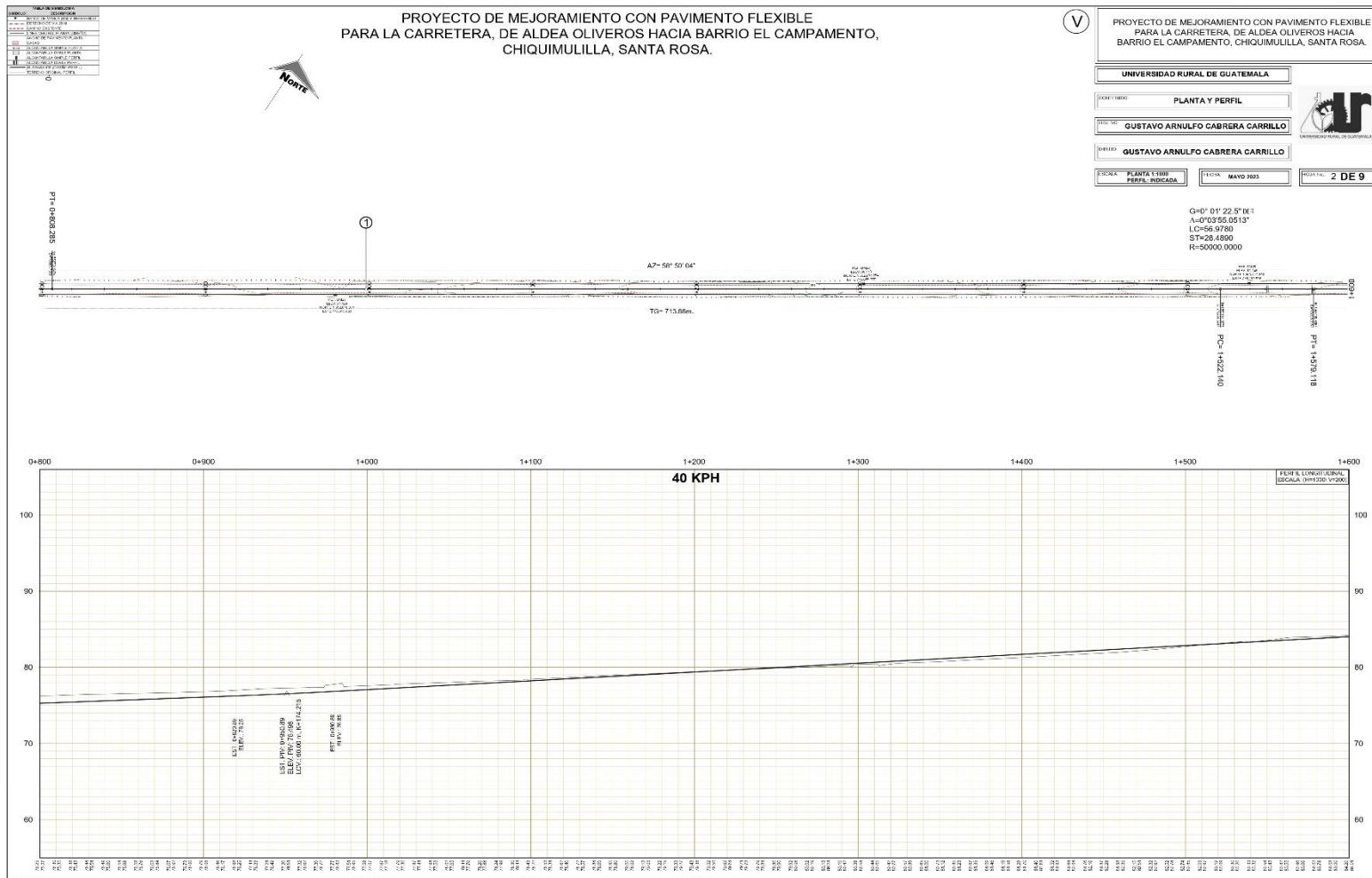
<p>Resultado 2</p> <p>Se dispone del proyecto de mejoramiento con pavimento flexible para la carretera de aldea Oliveros hacia Chiquimulilla.</p>			
<p>Resultado 3</p> <p>Se formula el programa de socialización para los habitantes.</p>			

# Anexo 3. Planos

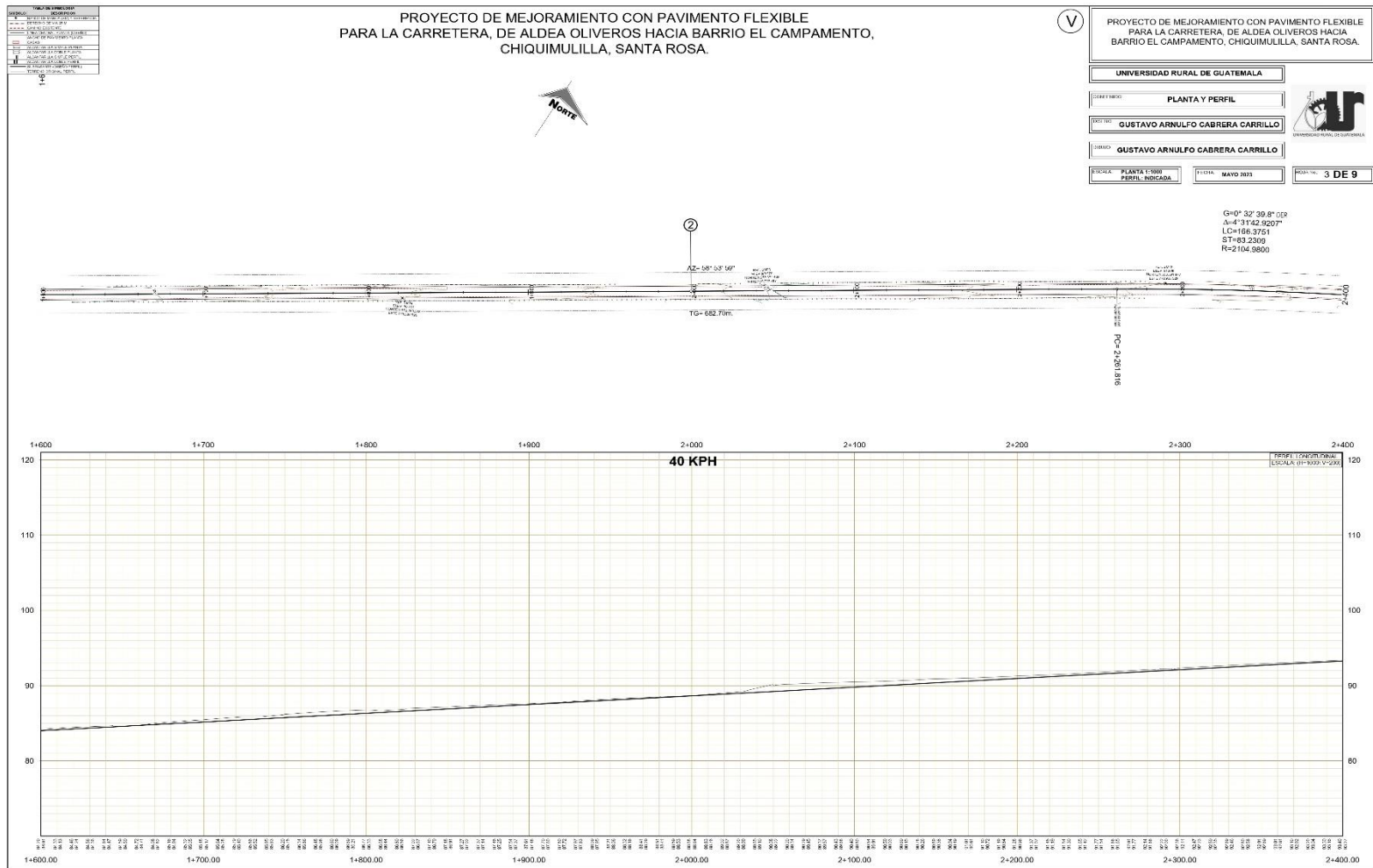
## Plano No. 1: Planta y Perfil



## Plano No. 2: Planta y Perfil



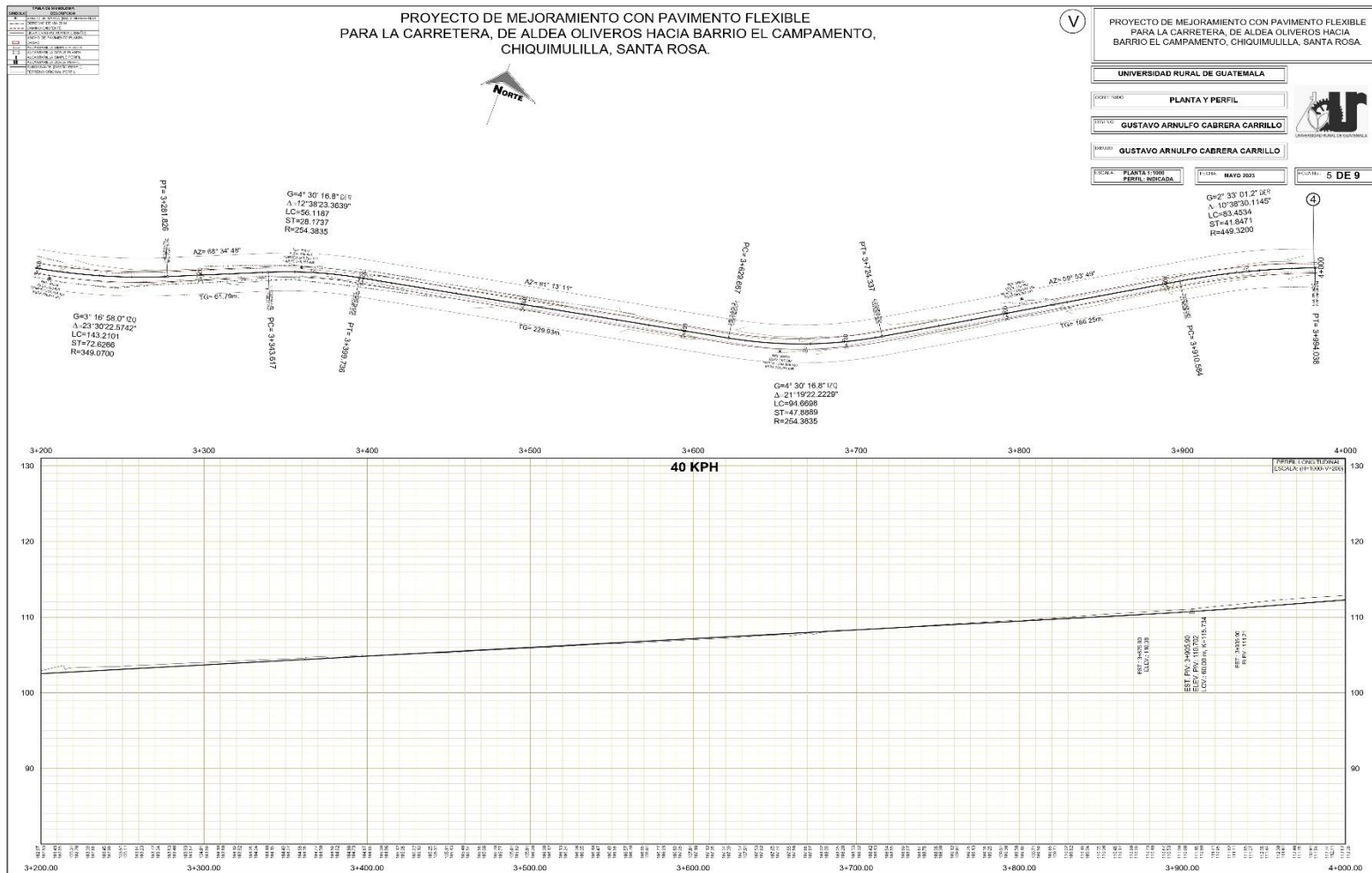
# Plano No. 3: Planta y Perfil



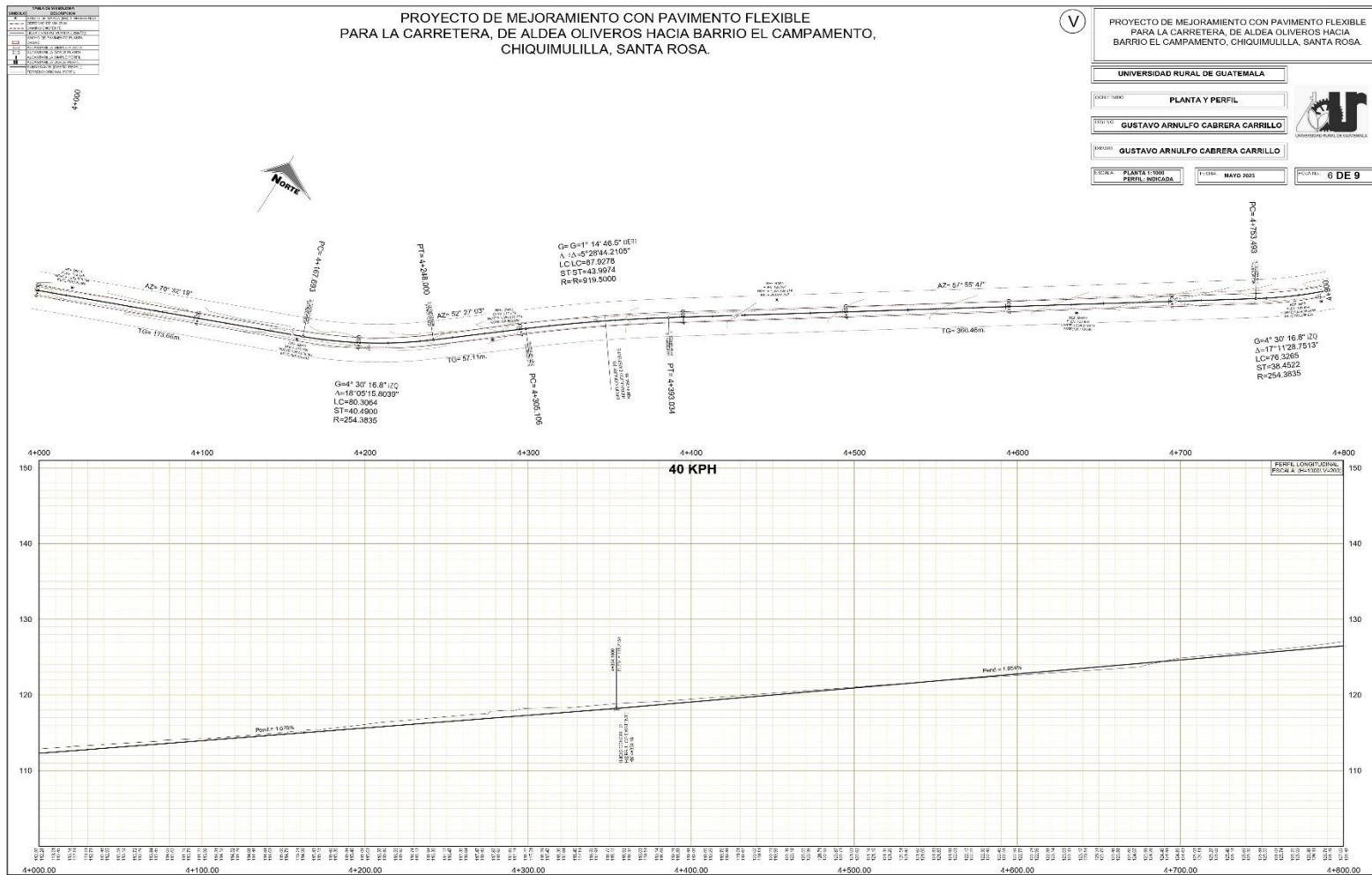




# Plano No. 5: Planta y Perfil

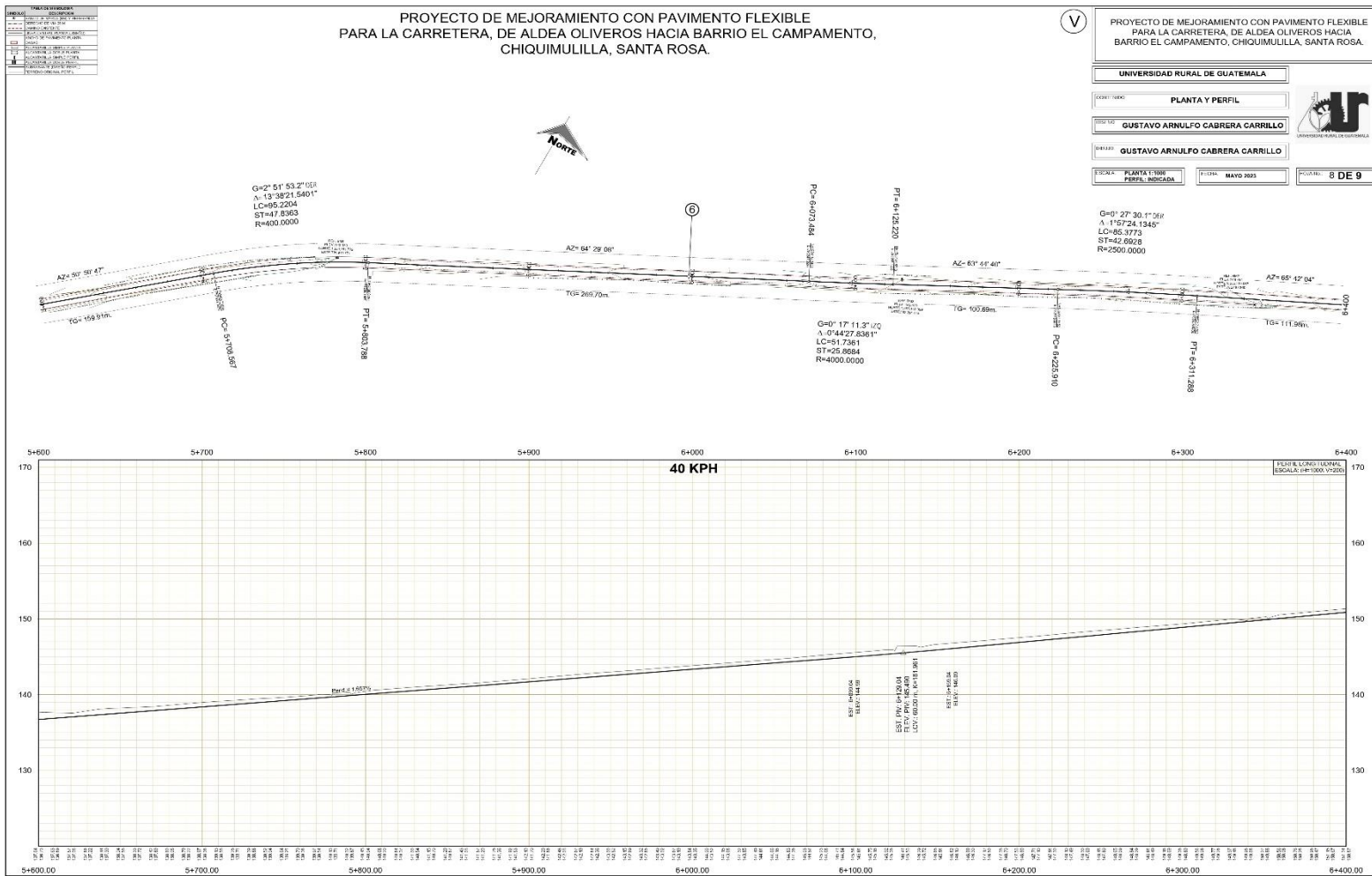


# Plano No. 6: Planta y Perfil

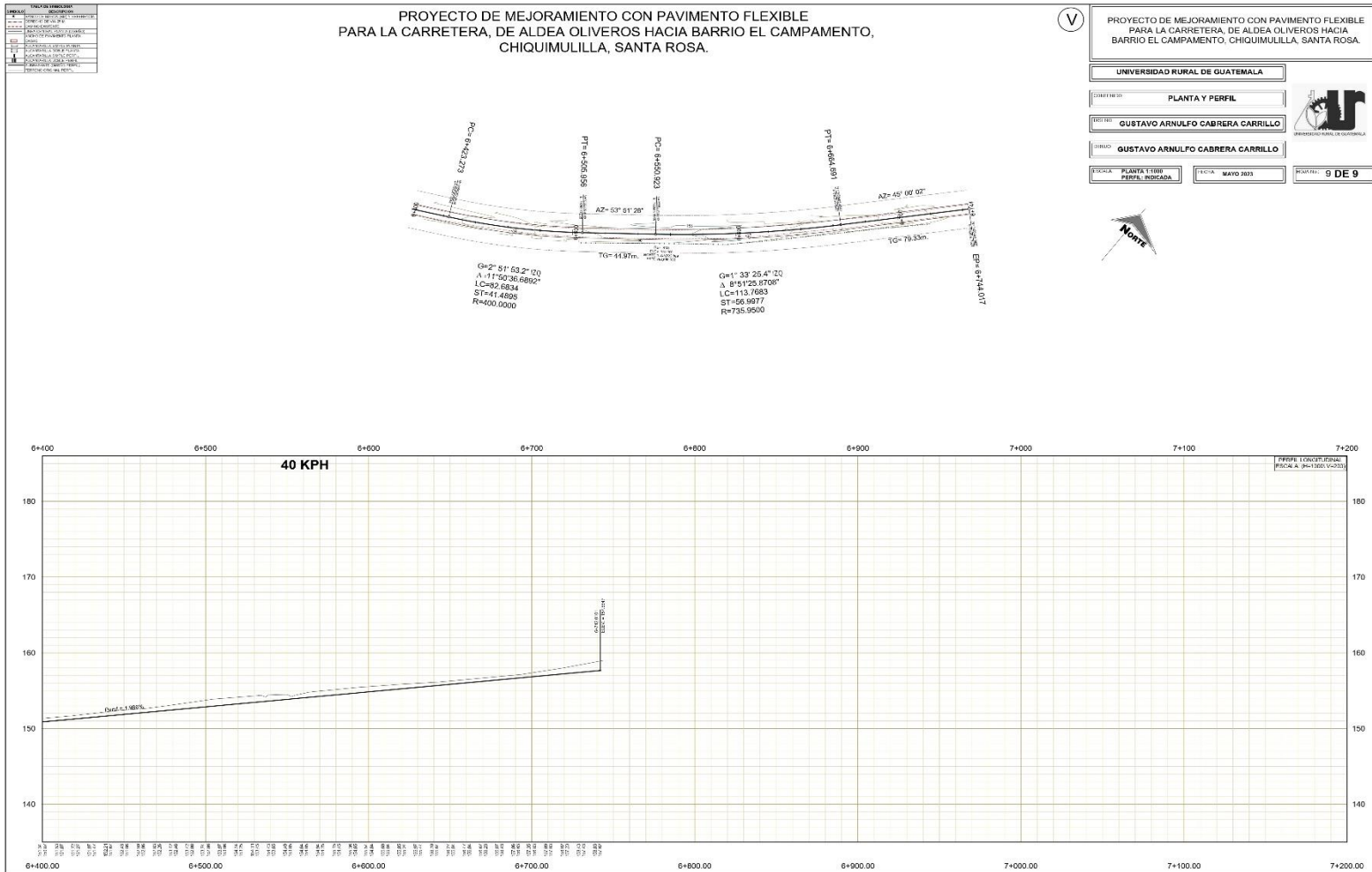




# Plano No. 8: Planta y Perfil



# Plano No. 9: Planta y Perfil





## Anexo 4. Presupuesto de renglones y cantidades de trabajo estimadas

REPUBLICA DE GUATEMALA  
 PROYECTO: MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO FLEXIBLE  
 PARA LA CARRETERA DE ALDEA OLIVEROS HACIA BARRIO EL CAMPAMENTO, CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA

REGLONES Y CANTIDADES DE TRABAJO ESTIMADAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
<b>ESTUDIOS Y DISEÑOS</b>				
Diseño Geométrico	u	1.00	Q94,000.00	Q94,000.00
Estudio Geotécnico	u	1.00	Q100,000.00	Q100,000.00
Estudio de Tráfico	u	1.00	Q25,000.00	Q25,000.00
Estudio Hidrológico	u	1.00	Q94,000.00	Q94,000.00
Estudio de Impacto Ambiental	u	1.00	Q30,000.00	Q30,000.00
Diseño Estructural	u	1.00	Q94,000.00	Q94,000.00
<b>CONTROL DEL TRABAJO</b>				
Planos Finales de la Obra Construida	u	16.00	Q800.00	Q12,800.00
<b>TERRACERIAS</b>				
Limpia, chapeo y destronque	Ha	1.25	Q54,285.74	Q67,792.03
Excavación no clasificada de material de desperdicio	m3	16,059.00	Q36.16	Q580,693.44
Excavación no clasificada para prestamo	m3	1,370.00	Q46.26	Q63,376.20
Excavación de canales en la entrada y salida de alcantarillas	m3	100.00	Q96.08	Q9,608.00
Excavación estructural para cimentacion de cajas y cabezales	m3	120.00	Q123.98	Q14,877.60
Excavación estructural para alcantarillas	m3	203.00	Q135.22	Q27,449.66
Relleno estructural	m3	120.00	Q166.78	Q20,013.60
<b>DRENAJE MENOR</b>				
Alcantarilla de polietileno de alta resistencia de 36"	ml	76.00	Q3,300.00	Q250,800.00
<b>REGLONES VARIOS</b>				
Cajas y cabezales de alcantarillas, de concreto ciclopeo	m3	160.00	Q1,677.25	Q268,360.00
Cunetas revestidas de concreto (2,000psi) fundidos en sitio	m2	13,112.40	Q140.25	Q1,839,014.10
<b>PAVIMENTOS</b>				
Reacondicionamiento de sub-rasante (20cms)	m2	53,074.00	Q15.22	Q807,786.28
Capa de sub-base granular 0.15 m. espesor	m3	7,605.19	Q196.01	Q1,490,693.68
Capa de base con material triturado 0.15 m. espesor	m3	6,902.74	Q298.16	Q2,058,121.55
Riego de imprimación (incluye secante)	gls	13,806.00	Q54.80	Q756,568.80
Concreto asfáltico en caliente	ton	8,835.51	Q1,100.00	Q9,719,060.74
Riego de liga (OTS3)	gls	6,444.00	Q44.00	Q283,536.00
<b>DISPOSITIVOS PARA CONTROL DE TRÁFICO</b>				
Monumentos de kilometraje, suministro y colocación	und	12.00	Q806.68	Q9,680.16
Pintura termoplástica para línea central	km	6.50	Q20,282.71	Q131,837.62
Pintura termoplástica para línea no central	km	13.00	Q20,282.71	Q263,675.23
Señales de tráfico restrictivas de metal (SR)	und	12.00	Q1,130.09	Q13,561.08
Señales de tráfico preventivas de metal (SP)	und	15.00	Q1,131.16	Q16,967.40
Señales de tráfico informativas simples de metal (SII, SIR)	und	4.00	Q1,764.53	Q7,058.12
Señales de tráfico informativas dobles de metal (SID)	und	2.00	Q2,134.83	Q4,269.66
Señales de tráfico indicadoras del proyecto (sum, ins)	und	2.00	Q17,593.55	Q35,187.10
Dispositivos para señalización nocturna, suministro y colocación	und	1,873.00	Q38.13	Q71,417.49
<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>				
Especialista ambiental	mes	12.00	Q22,000.00	Q264,000.00
Reforestación de bancos	árbol	500.00	Q46.05	Q23,025.00
Revegetación de botaderos de material de desperdicio	m2	400.00	Q39.20	Q15,680.00
<b>MONTO TOTAL</b>				<b>Q19,563,910.54</b>