

Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Asesor General:

Ing. Amb. Jorge Arturo Gordillo Reyes.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Presentado al honorable Tribunal Examinador por:

Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil, en el grado  
académico de Licenciado.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García.

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Luis Adolfo Martínez Díaz.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Este documento fue presentado por Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez, previo a obtener el título universitario en Licenciado en Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales.

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento a lo establecido por la universidad Rural de Guatemala se elaboró el trabajo denominado “Propuesta de Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío las Trojas a la Cabecera Municipal de San José el Rodeo, San Marcos”.

Previo a optar al título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar un estudio, para evaluar el problema que afecta dicho caserío, el cual es el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto, así mismo analizar la magnitud de la problemática identificada, las causas, efectos y la propuesta de solución a corto, mediano y largo plazo.

La propuesta tiene como finalidad disminuir el deterioro acelerado de camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío, para contribuir con la mejora de vida de las personas del área en estudio.

Fue identificado como problema central el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Para solventar la problemática identificada se toma como base de apoyo, técnicos de la Dirección Municipal de Planificación, miembros del COCODE y vecinos del área en estudio y se implementa un documento característico que incluya, elección de soluciones como fuente de apoyo para otros individuos, en la elaboración de proyectos de diseño y planificación de mejoramiento de caminos rurales, dando solución a problemas de carácter similar, apoyados con los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil.

## **Presentación**

De conformidad a los estatutos de la casa de estudios de la Universidad Rural de Guatemala, previo a optar por el título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura. Se presenta el trabajo denominado “Propuesta de Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío las Trojas a la Cabecera Municipal de San José el Rodeo, San Marcos”, el cual se presenta estructurado con la síntesis de la causa, efecto y la propuesta de solución de la problemática identificada.

La propuesta de estudio es un aporte que contribuye a mejorar la calidad de vida de la población y al mismo tiempo será un aporte comunitario a través del análisis de sus causas, efectos y probables soluciones presentados de manera conveniente, para ejecutar los requisitos académicos de la Universidad Rural de Guatemala, que Disminuirá el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío.

En el estudio se determinó que la comunidad del caserío Las Trojas cuenta con una Inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado. Lo que provoca el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto, teniendo como efecto el Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

Teniendo en cuenta la importancia de la investigación en el desarrollo de la comunidad y siendo ella la encargada de resolver el problema central el cual es el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos. Debido a la ya mencionada propuesta es de valor importante para el mejoramiento comunitario de dicho caserío.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
I.1 Planteamiento del problema .....	3
I.2 Hipótesis .....	4
I.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivo Especifico .....	4
I.4 Justificación .....	5
I.5 Metodología.....	6
I.5.1 Métodos .....	6
I.5.2 Técnicas .....	8
II. MARCO TEÓRICO .....	10
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	91
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	102
IV. 1 Conclusiones .....	102
IV. 2 Recomendaciones .....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	1
ANEXOS .....	1

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5: Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	92
Cuadro 6: Tiempo en el cual existe incremento en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	93
Cuadro 7: Reducir gastos en quetzales, de la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	94
Cuadro 8: Notable causa, en el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	95
Cuadro 9: Efectos negativos que se provocan por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	96
Cuadro 10: Conocimiento sobre propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	97
Cuadro 11: Necesidad de implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	98
Cuadro 12: Beneficio positivo para la población al implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	99
Cuadro 13: Desarrollo de proyectos al implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	100
Cuadro 14: Apoyo a implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	101

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	92
Gráfica 2: Tiempo en el cual existe incremento en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	93
Gráfica 3: Reducir gastos en quetzales, de la reparación de vehículo en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	94
Gráfica 4: Notable causa en el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	95
Gráfica 5: Efectos negativos que se provocan por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo. ....	96
Gráfico 6: Conocimiento sobre un diseño y planificación de mejoramiento de camino adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	97
Gráfica 7: Necesidad de implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	98
Gráfica 8: Beneficio positivo para la población al implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	99
Gráfica 9: Desarrollo de proyectos al implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	100
Gráfica 10: Apoyo a implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. ....	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1: Modelo de Investigación Dominó .....	1
Anexo 2: Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.....	1
Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática .....	1
Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general. ....	1
Anexos 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal. ....	1
Anexo 6: Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra. .....	1
Anexo 7: Anexo metodológico Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación. ....	1
Anexo 8: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.....	1
Anexo 9. Imágenes de comprobación de hipótesis, encuesta a pobladores y técnicos de la dirección Municipal de Planificación (DMP) y miembros del COCODE del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.....	1

## **I. INTRODUCCIÓN**

Como requisito establecido por la universidad Rural de Guatemala y la Facultad de Ingeniería se llevó a cabo el presente trabajo de investigación previo a obtener el título universitario en Ingeniería Civil en el grado académico de Licenciado.

El trabajo realizado podrá ser usado por estudiantes y profesionales como un instrumento de guía en relación al área de estudio, en este tema se ponen en práctica los conocimientos obtenidos en las aulas universitarias. Se Planteo la hipótesis del trabajo denominada “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

El Caserío Las Trojas se localiza en la parte Noroeste del Municipio de San José El Rodeo, San Marcos, dentro de la región sur occidente del país. Su extensión territorial es de 33,604.36 metros cuadrados, los terrenos de esta área cuentan con ciertos grados de inclinación.

El cuerpo del informe consta de cuatro capítulos identificados con números romanos.

El capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específico), metodología (métodos y técnicas).

El capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico, por los temas siguientes: Adoquinado, Clase de adoquines, Deterioro acelerado, Incremento de gastos, movilidad inadecuada de vehículos, propuesta de diseño, planificación, mejoramiento de vías, reparación de vehículos y Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor).

El capítulo tres (III) incluye la presentación de análisis y resultados, el cual muestra la descripción gráfica de los resultados obtenidos de las encuestas.

El capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos seguidos de un apéndice bibliográfico diseñado de acuerdo a los establecidos en las normas APA.

Los capítulos descritos, en el documento contiene un conjunto de anexos de acuerdo a la estructura metodológica.

Estos anexos son: 1) modelo de investigación domino del árbol de problemas, 2) árbol de problemas y árbol de objetivos, 3) cálculo de la muestra, 4) cálculo de correlación, 5) cálculo de proyección, 6) boleta de muestreo para variable dependiente, 7) boleta de muestreo para variable independiente, 8) propuesta para solucionar la problemática y 9) Matriz de macro lógico.

Para dar solución a la problemática se plantean tres resultados:

Resultado 1: Creación de la Unidad Ejecutora, Dirección Municipal de Planificación (DMP) del Municipio San José El Rodeo, San Marcos.

Resultado 2: Propuesta de Diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos. Ejecución de cada una de las actividades para lograr el fin de este resultado.

Resultado 3: Programa de sensibilización y capacitación a los involucrados. Programa de difusión a la población sobre la propuesta con la implementación de concientizar sobre el desarrollo de proyectos.

## **I.1 Planteamiento del problema**

Existe un progreso de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años.

El caserío se ve afectado con respecto a la movilidad de vehículos tanto del área en si, como el de diferentes lugares por el deterioro acelerado del camino debido a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado.

No existe en el caserío una vía idónea para la movilización de vehículos lo cual provoca el incremento de gastos que pueden incluso generar efectos negativos a los individuos de la comunidad.

Las instituciones gubernamentales aun no estiman ninguna estrategia o proyecto que disminuya la reparación de vehículos los cuales pueden llegar a interrumpir el desarrollo económico, entrega oportuna de bienes y servicios y una calidad de vida favorable para la población.

Debido a no contar con un camino adoquinado el cual sirva para evitar el incremento de gastos en reparación de vehículos se tendrán presentes en la comunidad dichos problemas.

La entrega oportuna de bienes y servicios, el desarrollo económico y la calidad de vida de los habitantes del caserío las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, pueden estar siendo afectados debido al deterioro acelerado del camino de piedra y concreto.

El principal problema de la población es el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto, según el resultado del estudio efectuado. El camino en deterioro altera la movilidad cómoda y segura de personas igualmente los bienes muebles.

## **I.2 Hipótesis**

Comprobar o rechazar la hipótesis: “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

¿Será que el incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, ¿se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado?

## **I.3 Objetivos**

Los objetivos de la investigación ilustrados son los siguientes:

### **1.3.1 Objetivo General**

Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

### **1.3.2 Objetivo Especifico**

a) Comprobar o rechazar la hipótesis: “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

b) Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

#### **1.4 Justificación**

Las situaciones problemáticas entre las que se encuentra desbordado este lugar han llevado a manifestar un proyecto que solucione plenamente la necesidad. En Guatemala no hay leyes o normas prácticas que den los lineamientos precisos para una planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión, adaptación a la variabilidad y al cambio climático, pero la tarea fundamental del estudiante de Ingeniería o del ingeniero es intervenir profesionalmente en esos aspectos cuando haya carencias y necesidades.

La propuesta establecida denominada diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Es justificada por los siguientes puntos:

Los habitantes del caserío tienen derechos y necesidades es por ello que deben contar con un camino en buenas condiciones para distintos fines: acceso a bienes y servicios, como salud y educación, proporcionar una mayor movilidad de personas, disminución en los costos de transporte, ayudar a promover un desarrollo económico y social, etc. Puesto que en este lugar no existe una propuesta de una vía en buenas condiciones e idónea para llevarse a cabo fines ya mencionados, se plantea la creación del proyecto.

Al no concretarse el proyecto se estima que las dificultades se mantengan, la variable dependiente seguiría en aumento. El área de estudio no cuenta con una Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, por consiguiente, la problemática ocasiona un efecto negativo, de tal manera, se convierte en la justificación para llevar a cabo la propuesta de proyecto que dará solución al problema en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

## **1.5 Metodología**

Los métodos y técnicas a tratar, para la elaboración del presente trabajo de graduación, se dan a continuación: entre estos métodos y técnicas tenemos.

### **I.5.1 Métodos**

Los métodos utilizados fueron variando en relación a la hipótesis planteada así mismo la comprobación de la misma, de esta manera:

Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el deductivo, el que fue asistido por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en el árbol de problemas y objetivos. Que forman parte del anexo de este documento.

Para la confirmación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, analítico y sintético.

#### **1.5.1.1 Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis**

##### **Método deductivo**

Para la formulación de la hipótesis el método primordial fue el deductivo, el cual permitió conocer los aspectos generales del área donde se ubica la problemática; a través de distintas técnicas las cuales serán descritas, posteriormente se dio seguimiento a la formulación de la hipótesis.

##### **Método del marco lógico**

El modelo de marco lógico nos permitió localizar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, se procedió a la formulación de hipótesis. Se determinó el área de trabajo y el tiempo para desarrollar la investigación, para ello se utilizó el método del marco lógico, el cual al mismo tiempo proporciona el objetivo general y el objetivo específico de la investigación. Igualmente facilitó establecer la designación del trabajo.

El modelo de investigación Dominó es una herramienta de planificación que nos permitió analizar el efecto, el cual genera el problema central seguidamente brinda la causa principal. El objetivo general y específico son producto de las variables mencionadas anteriormente, además de facilitar la designación del trabajo, así mismo se llevó a cabo preguntas clave para comprobación del efecto y para la comprobación de la causa, las cuales contienen la comprobación de la hipótesis en la problemática. Nos permitió formar los temas del marco teórico a través del efecto, problema central y causa.

#### **1.5.1.2. Métodos utilizados en la comprobación de la hipótesis**

##### **Método inductivo**

Para la comprobación de la hipótesis, el método primordial utilizado fue el inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos; lo cual sirvió para definir las conclusiones así mismo ideas generales, a partir de ellos se definieron los resultados específicos.

##### **Método estadístico y de análisis**

Después de reunir la información contenida en las boletas, se le dio seguimiento a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis. Estos métodos consisten en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que obtuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

##### **Método de síntesis**

Ya interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación; el que sirvió además para poder realizar el análisis, con los resultados obtenidos producto de la investigación técnica realizada en el caserío.

## **I.5.2 Técnicas**

Las técnicas aplicadas, fueron variando de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; de esta manera:

### **1.5.2.1 Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis**

#### **Observación directa**

Esta técnica se utilizó directamente en el área topográfica, a cuyo efecto, se observó en el trayecto del caserío un camino deteriorado.

#### **Investigación documental**

Esta técnica se utilizó a efecto de determinar si se contaba con documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de obtener un historial que permitiera evidenciar el estudio mediante una proyección y correlación acerca de la problemática.

Establecida una idea general del problema, se inició a entrevistar a miembros de la población del caserío, a efectos de obtener información más precisa sobre la problemática identificada.

### **1.5.2.2 Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis**

Para la comprobación de la hipótesis se aplicaron las siguientes técnicas:

#### **Encuesta**

Previo a desarrollar la entrevista, se comenzó el diseño de la boleta de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependientes e independientes de la hipótesis previamente formulada.

Las boletas, anticipadamente al ser aplicadas a la población objetivo, se llevaron a cabo unas pruebas, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y hacer que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicadas.

**Censo**

Esta técnica se utilizó con los técnicos profesionales de la Municipalidad de San José El Rodeo, mediante el uso de las boletas para obtener información de la causa principal.

**Técnica de correlación**

Esta técnica fue utilizada para determinar la relación entre la variable independiente, que está sustentada por el registro histórico estadístico de los 5 años, en relación con la variable dependiente que se representa por la proyección.

**Proyección de la línea recta**

Se utilizó esta técnica para determinar en los próximos 5 años, el comportamiento y el escenario que tendrá, el Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, así también se utilizó para establecer los beneficios al implementar esta propuesta, con lo que se prevé Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas.

## II. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo de investigación se fundamenta en los conceptos, definiciones, principios y teorías relacionadas con el diseño y planificación de Mejoramiento de camino rural con adoquinado. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo se tomó de consulta la bibliografía de autores nacionales y extranjeros, medios de comunicación visual y escritos. Todo ello para sustentar la definición conceptual.

### **Adoquinado**

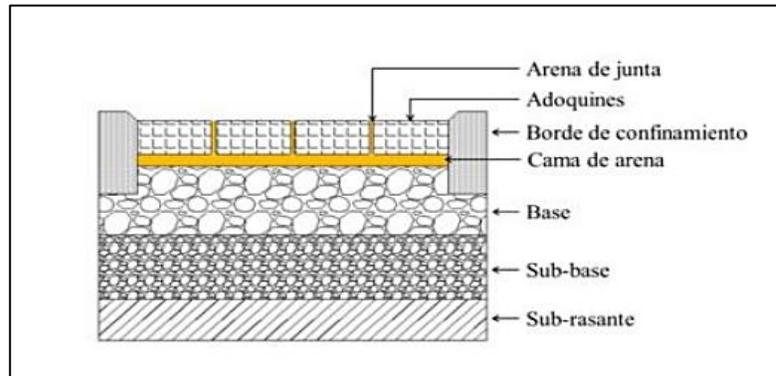
Estructura de pavimento usado principalmente en áreas rurales y urbanas, se emplean tanto para tráfico ligero como también para tráfico pesado. (GARCIA, 2016, pág. 6)

La principal función estructural de los adoquines es transferir la carga vertical ejercida por los vehículos a las capas inferiores de la estructura del pavimento y a la vez, de forma horizontal a los adoquines adyacentes. Este procedimiento se lleva a cabo debido al pequeño espacio que existe entre adoquines y arena fina que se acomoda entre ellos. (GARCIA, 2016, pág. 6)

El pavimento de adoquines cuenta con una estructura conformada de tres elementos fundamentales, en primer lugar, una capa de material que lleva por nombres sub base, seguidamente una cama de arena fina y por último una capa de adoquines de concreto. (GARCIA, 2016, pág. 6)

Este tipo de estructura estratificada se apoya sobre un suelo natural obtenido por el movimiento de tierra en el transcurso de investigación y al mismo tiempo obtener la resistencia conveniente a los esfuerzos que las cargas de tránsito lleguen a transmitir durante el período de la estructura de pavimento fue diseñada. El conjunto de capas superpuestas de manera horizontal se diseñan y construyen con materiales apropiados y debidamente compactados. (TOAPANTA, 2020, pág. 4)

Figura No. 1 Estructuración típica de un pavimento articulado.



Fuente: Sección transversal de un pavimento con la superficie de adoquines de hormigón. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992).

### **Elementos que forman el pavimento de adoquín**

Los pavimentos de adoquines al igual que los pavimentos rígidos y flexibles se integran de distintas capas. La única diferencia entre los pavimentos mencionados, es la composición de la carpeta de rodadura, debido a que se conforma por adoquines inter trabados los cuales proporcionan al pavimento un comportamiento estructural semiflexible. (BAHAMONDES, 2013, pág. 3)

La conformación de los pavimentos de adoquines se debe a una capa de adoquines, arena de juntas, cama de arena, base y subbase. De igual manera cuenta con bordes de confinamiento y llaves de confinamiento que proporcionan al desarrollo de esfuerzos mecánicos de dos o más elementos que evitan la posible separación bajo cargas excesivas o previstas. (BAHAMONDES, 2013, pág. 3)

la composición de cada carpeta de rodadura conlleva una investigación con el objetivo de conseguir el periodo de diseño establecido para la infraestructura vial, beneficiando a la población en el mayor tiempo posible.

Al mismo tiempo la investigación contribuye a la selección de materiales, cálculos matemáticos y principalmente al diseño geométrico idóneo para la carretera.

Figura. No. 2 implementación de adoquines “cruz” en infraestructura vial.



Fuente: Jacobo Quan Hidalgo, 2005.

### **Construcción del Drenaje**

Uno de los principales problemas que llega afectar el pavimento de adoquín, es la presencia de agua pluvial, en especial en épocas de lluvia lo que conlleva al socavamiento del suelo que afecta la estabilidad. Debido a este problema surge la necesidad de implementar sistemas de drenajes para el traslado de los fluidos.

Todos estos complementos deben tomarse en cuenta con la finalidad de evitar romper la superficie de rodamiento de la vía. Uno de los datos primordiales en el diseño de alcantarillas son los ángulos de 90 grados en relación al drenaje longitudinal. Se recomiendan diseñarlas con cierto ángulo de inclinación, para disminuir la pérdida de energía cinética y facilitar la evacuación de las aguas.

La ubicación de los pozos de visita dependerá del diseño de la carretera, se dan a continuación varios puntos a tomar:

- En variación de diámetros
- En variación de pendientes
- En variaciones de dirección horizontal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En los extremos superiores de ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros.

Figura. No. 3 construcción de drenaje con determinada inclinación.



Fuente: Jacobo Quan Hidalgo, 2005.

Figura. No. 4 construcción de un drenaje pluvial.



Fuente: Jacobo Quan Hidalgo, 2005.

### **Partes del alcantarillado sanitario**

Los sistemas de ductos en conjunto son elementos que tienen como objetivo recolectar y desalojar de forma adecuada las aguas residuales de la población beneficiada. La evacuación de las aguas residuales se conduce hacia una planta de tratamiento, seguido de un sitio de vertido donde no cause daños ni produzca molestias a la población a su alrededor. (PÉREZ, 2015, pág. 9)

Partes esenciales como colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias son parte de una red de drenaje sanitario, los cuales se describen a continuación: (PÉREZ, 2015, pág. 9)

## Colector

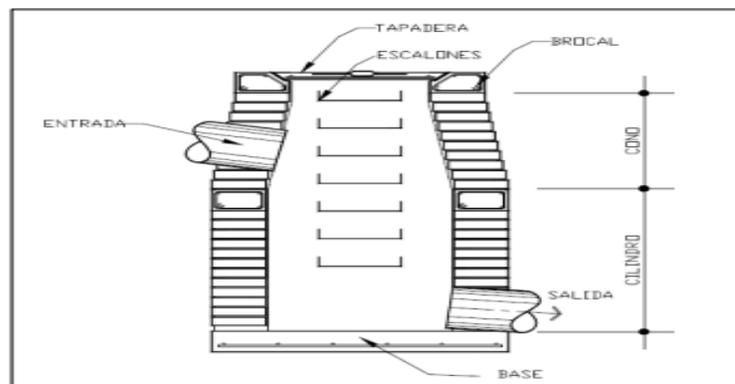
Son conductos que conectan diversos ramales de una alcantarilla, se elaboran bajo tierra en medio o en los laterales de toda la infraestructura vial. todos los colectores deben ser proyectados con cierta pendiente para el traslado de las aguas por gravedad. Las juntas que se lleguen a realizar deben ser herméticas para evitar filtraciones de las aguas residuales con el suelo a su alrededor. (PÉREZ, 2015, pág. 9)

## Pozos de visita

Son parte del alcantarillado sanitario empleados como medio de inspección y limpieza, debido a que brindan un acceso a la tubería lo que genera un ingreso de oxígeno al sistema. Las normas de construcción recomiendan colocar pozos de visita en los siguientes puntos: (PÉREZ, 2015, pág. 9)

- Al inicio de todo colector e intercepciones.
- En cambios de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección si el colector no es visible interiormente.
- En tramos rectos a distancia no mayores de 100 a 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.

Figura. No. 5 partes de un pozo de visita



Fuente: Cruz Arriola. A. Roció. Diseño del drenaje sanitario y pavimento rígido del Asentamiento La Isla, zona 13, ciudad de Guatemala. Pág. 47

### **Movimiento de tierra para la obtención de la subrasante**

Este procedimiento consiste en el retiro de cualquier capa vegetal o material indeseable, con la finalidad de proceder a la construcción de cortes o terraplenes necesarios para la obtención del nivel de terracería.

En general se procede conforme al diseño de la estructura de pavimento. La compactación de la subrasante se realiza con la utilización de una cisterna para el riego del agua, motoniveladora para la conformación y un compactador cuyo uso este de acuerdo con el material que será compactado. En general se recomienda lograr un 90% de Proctor Standard.

### **Sub - rasante**

Es el suelo natural que soporta la estructura del pavimento elaborado, a la cual se le da la profundidad correspondiente para evitar ser afectada por las cargas de diseño. (GÁLVEZ, 2007, pág. 33)

Este tipo de suelo es resultado del movimiento de tierra, puede estar en corte o en relleno. Una vez compactada la superficie, se procede a la elaboración de las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

Debe cumplir con los requisitos tanto de resistencia para evitar los puntos de expansión y retracción, debido a los efectos de humedad. Este tipo de suelo debe ser lo suficientemente rígido para prevenir deformaciones excesivas debido a las cargas accidentales y contar con desniveles necesarios para evacuar el agua de lluvia fuera del área de pavimento. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

La calidad de la subrasante dará a conocer el espesor del pavimento adoquinado. Se puede considerar la subrasante como: (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

Tabla N. 1. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Subrasante

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40% Max	30% máx.	AASHTO T-11
2	Limite Líquido	40% Max	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% Max	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% Min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas de índice (CBR, límites de Atterberg, granulometría), determinan la calidad de la subrasante. Una vez realizados los procedimientos, los resultados obtenidos darán a conocer si se acepta o se rechaza el tipo de suelo. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

**A) Muy mala calidad:** suelo con demasiada materia orgánica o material suelto sin adherencia. Un suelo de mala calidad se debe suplir por materiales de mejor calidad o estabilizarla con cemento y/o cal. Se dará a conocer el espesor con relación a las cargas de diseño y de las propiedades de los materiales que se utilicen en las capas restantes. Debido a la materia orgánica, es necesario utilizar maquinaria de compactación con el fin de eliminar los espacios que produzcan estos tipos de organismos. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

**B) Mala calidad:** se encuentra formado por un suelo arcilloso o limoso, lo que conlleva a la aplicación de una capa subbase que sea de material granular, bien sea de material selecto o de material estabilizado antes de aplicar la base del pavimento. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

**C) Buena calidad:** al contar con un suelo bien graduado, con el valor de soporte alto y contando con un buen drenaje, cabe la posibilidad de no tomar en cuenta la aplicación de la capa subbase. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

**D) Excelente calidad:** al tener como resultado un suelo con valor de soporte excelente, se procede a la colocación de la carpeta de rodadura directamente sobre la subrasante incluyendo la cama de asiento. (BOLAÑOS, 2008, pág. 38)

### **Construcción de las capas de Base y Sub - base**

Estas capas deberán ser construidas conforme las especificaciones generales, igual que a otro tipo de pavimento. Generalmente se utilizan materiales de banco, los que, en algunas ocasiones, no cumplen con las especificaciones requeridas para estas capas, con el fin de aprovechar los materiales de la zona, lo que representa una reducción en los costos del material, siendo esta una de las razones principales por lo que aparentemente, los costos del pavimento de adoquín son menores que el de otros tipos de pavimento.

Esta práctica afecta directamente el desempeño del pavimento, lo que se ve reflejado en los resultados negativos en algunos tramos construidos recientemente.

### **Sub - base**

Capa del pavimento que se elabora con los materiales seleccionados, en particular gravas naturales, estables, pero a la vez no tienen características convenientes para ser parte integral de una base. (ALEMAN, 2016, pág. 7)

Las funciones de la sub base son las siguientes:

- “ayuda a retener las cargas de tráfico transmitidas por capa de rodadura y las transmite a la subrasante con la intensidad adecuada para evitar deformaciones permanentes”. (ALEMAN, 2016, pág. 7)

- “usada como un elemento de drenaje para la escorrentía de lluvia. Es un elemento de bajo costo a diferencia de los demás elementos estructurales del pavimento”. (ALEMAN, 2016, pág. 7)

- “durante su proceso constructivo puede ser usada como superficie de rodadura temporal, dando el tiempo necesario para la elaboración de las capas superiores de la estructura”. (ALEMAN, 2016, pág. 7)

### **Base**

La base es un elemento estructural el cual estará conformado por agregados selectos, construido por grava o agregados triturados. El propósito del elemento, consiste en absorber los esfuerzos ocasionados por las cargas de los vehículos, así mismo se encarga de distribuir los esfuerzos a las demás capas inferiores.

El trabajo principal de la base es:

-Contar con una resistencia necesaria para repartir las cargas que provienen de la carpeta de rodadura.

-Ser de adecuado material de transición entre la sub base y carpeta de rodadura.

-Tolerar los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidos por el flujo de vehículos.

Los siguientes requisitos debe de contar el material usado en la capa base:

Tabla N.2 Especificaciones de materiales para base granular

No	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	80% min	AASHTO-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Descomposición acelerada	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado AASHTO-180	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Diseño de adoquinado de 2,476. 50 m<sup>2</sup> de calles en el barrio Rigoberto López Pérez, en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua

### **Espesores para bases granulares**

Para los diferentes tipos de tránsito, se toma en cuenta el espesor de las bases granulares en función de la categoría del suelo. Se recomiendan estos tipos de espesores, así mismo serán diferentes de acuerdo a las recomendaciones del diseñador, técnicos o a la zona del país, una vez determinado el suelo se procede a la selección del espesor de la base, los tipos de suelo se definen a continuación:

#### **Suelo categoría 1 (S1):**

Suelo en óptimo estado, el cual se nota a simple vista cuando está húmedo, ya que permite el paso de vehículos pesados y livianos sin deformarse. Al mismo tiempo se verifica la calidad del suelo con una prueba de penetración, para comprobar las características mecánicas (CBR).

**Suelo categoría 2 (S2):** cuenta con un estado medio, ya que cuando se encuentre húmedo, el paso de vehículos pesados genera mínimas deformaciones. Cuenta con un CBR entre el 5 y el 15.

**Suelo categoría 3 (S3):** suelo en mal estado, es decir, que cuando se encuentre húmedo el paso de vehículos pesados se deformará y será difícil la circulación de los mismos. Cuenta con un CBR menor al 5

**Cuadro 1.** Espesores recomendados de bases granulares compactadas según el tipo de suelo

Tabla N. 3 Espesores recomendados de bases granulares compactadas según el tipo de suelo

Categoría de suelo	Tipo de Transito		
	Clase A (cm)	Clase b (cm)	Clase C (cm)
S1	0.20 (ver nota 1)	0.10 – 0.20.	0.10
S2	0.26 (ver nota 1)	0.14 – 0.22	0.10
S3	0.32 (ver nota 1)	0.17 -0.28	0.10

Fuente: Diseño de adoquinado de 2,476. 50 m2 de calles en el barrio Rigoberto López Pérez, en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua.

**Nota 1.** Este pavimento deberá ser diseñado acorde a las condiciones de terreno y tránsito específico, como pavimento netamente vehicular.

### Capa de Arena de Asiento

“El Ministerio de Transporte y Obra Publicas establece que “La cama de arena de asiento de los adoquines estará conformada por arena fina, y deberá pasar en su totalidad el tamiz No 10. El material no debe contener más del 5% de tamaños menores al del tamiz No 200 así mismo cumplir con requisitos de resistencia a la abrasión y durabilidad que se disponen”. (ALEMAN, 2016, pág. 7)

La aplicación de la cama de arena es de gran beneficio en el pavimento adoquinado ya que sirve como filtro para el agua que penetra en las juntas, es usada como capa de soporte para los adoquines y sirve como amarre entre los mismos. es parte de la capa de rodadura de un pavimento de adoquín.

### **Espesor cama de arena de asiento**

Entre los espesores de 25mm y 40 mm deberá estar conformada la cama de arena. Dependerá de la calidad de la superficie compactada de la base el espesor a utilizar, con el objetivo de obtener mayor uniformidad, menor espesor y viceversa.

Las funciones de la cama de arena son las siguientes:

-Actúa como ligante, permitiendo que la capa de rodadura y las capas inferiores de la estructura del pavimento actúen como un solo cuerpo.

-Actúa como sellante, evitando que los finos de la sub base sean desplazados por acción del tráfico.

-Protege a los finos de la sub base de la acción del agua que se filtra por las hendiduras entre adoquines, evitando que los finos se desplacen hacia los extremos.

Esta cama de arena comúnmente tiene un espesor que varía de los 3 cm a los 5 cm.

### **Arena de Sello**

#### **Granulometría para la arena de sello**

El tipo de arena utilizada para sello de juntas entre adoquines debe estar libre de materiales orgánicos y contaminantes así también contar con una granulometría que pase por el tamiz de 2.36 mm (No.8) y que no pase del tamiz de 75mm (No.200) con más del 15%. Se recomiendan los límites de la tabla siguiente para la curva granulométrica par este tipo de arena.

Tabla N. 4. Granulometría para arena de sello

Tamiz ASTM	Arena de sello % que pasa, en peso
0.236 cm (No.8)	100
0.118 cm (No.16)	90-100
0.60 cm (No. 30)	60-90
0.30 cm (No.50)	30-60
0.15 cm (No.100)	may-30
7.5 cm (No.200)	0-15

Fuente: Rony Chojolán Duarte (2001). Metodología para estabilización de suelos, en tramos carreteros, a través de la Composición de distintos tipos de suelos, cumpliendo con las especificaciones generales de Carreteras y Puentes.

Al momento de utilizar la arena para el sellado de las juntas, el material estará seco y libre de materiales orgánicos e inorgánicos con la suficiente finura para que pueda penetrar, sencillamente por barrido, dentro de las juntas.

### Capa de Rodadura

Capa principal del pavimento de adoquines que entra en contacto directo con el tránsito vehicular. Esta carpeta de rodadura tiene como función proteger las capas inferiores (cama de arena, base, sub – base y sub – rasante), de los fenómenos atmosféricos que se presentan en cada año.

Es la capa principal que soporta directamente el tránsito. Está conformada por:

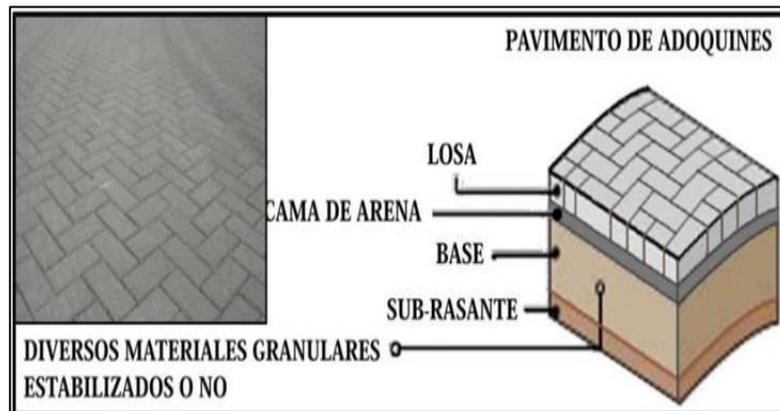
- a. La cama de arena de asiento
- b. Los adoquines de concreto
- c. El sello de arena

para el diseño de los pavimentos adoquinados de concreto, deben tomarse en cuenta dos fases fundamentales para una correcta transición de vehículos y peatones, con el objeto de brindar un servicio cómodo y favorable para la población que será beneficiada. Las fases se dan a continuación:

### **Diseño geométrico de la vía**

Es un dato primordial que determina los niveles, los perfiles, sistemas, estructuras del drenaje, el confinamiento, el patrón de colocación de adoquines y demás detalles de la infraestructura vial. (COGUANOR 41086, 2012, pág. 17)

Figura. No. 6 Diseño geométrico de una infraestructura vial adoquinada.



Fuente: Pacasmayo, Adoquines de concreto Pacasmayo, 2010.

### **Diseño de la estructura del pavimento**

En esta fase se define en base a las características del tránsito esperado durante la vida útil de la capa de rodadura (pavimento de adoquín) y la subrasante. Determina el espesor de los adoquines, el espesor de la capa de rodadura y los materiales que se establecen.

El diseño de la estructura (en especial las capas del pavimento adoquinado) deben tener relación con el tipo de suelo, el tránsito, la vida útil del diseño y los materiales constructivos.

Se lleva a cabo con el fin de combinar materiales y las demás capas, que garanticen un comportamiento favorable en conjunto, para soportar los efectos que produzcan las variables que actúen sobre la estructura. (TELLES, 2017, pág. 37).

### **Impactos negativos en el transcurso de la Etapa de Operación**

Las condiciones favorables de la vía en las diferentes etapas de operación con respecto a las estaciones climáticas, pueden generar un volumen vehicular favorable para la población respecto al desarrollo económico y a la vez aumento de desechos ocasionados por visitantes. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

Los distintos tipos de vehículos pueden verse atraídos al caserío el cual es beneficiado con dicha propuesta, el tráfico puede presentarse, mayormente, de carga pesada ya que se ve con anticipación la circulación entre el municipio de San José el Rodeo, el municipio de El Tumbador con relación al caserío. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

El tráfico que más se hará notar durante la etapa de operación podrán ser camiones y camionetas con relación a la conducción de productos agropecuarios e insumos agrícolas, así como también microbuses de transporte público y turístico. Tanto la movilidad de productos agropecuarios como también usuarios, el tiempo se reducirá debido a las mejoras. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

### **Impactos en relación al medio Físico - natural**

- Contaminación del aire a gran escala debido a la emisión gaseosa provocada por vehículos.
- Incremento de combustibles y lubricantes, provocando un aumento en contaminación del suelo y las aguas superficiales cercanas al área de operación.
- desplazamiento de la fauna por el aumento de tránsito vehicular en el caserío.

### **Impactos al Medio Socioeconómico**

- Incremento de accidentes en relación a la fauna debido a eventos públicos realizados en el caserío o en la cabecera municipal.
- Desarrollo del efecto barrera debido a la restricción a los desplazamientos de especies terrestres de área afectada.

### **Medidas de Mitigación**

- Reforestar los alrededores y las zonas afectadas por los bancos de materiales
- Construcción de Reductores de velocidad una vez localizados los puntos más poblados del caserío
- Realizar el avance con relación a nivelación, conformación y revestimiento de la superficie de rodadura, iluminación pública señalización del tramo carretero

### **Impactos positivos en el transcurso de la Etapa de Construcción**

En esta etapa de construcción, el impacto de mayor notoriedad que beneficia a la población afectada es la generación temporal de empleo. Las familias cercanas al proyecto obtendrán un ingreso temporal durante esta etapa. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

Durante esta etapa se podrán producir impactos directos los cuales estarán dentro, las personas del caserío de determinado proyecto. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

Los impactos indirectos serán conformados por aquellos que tengan empleos que brinden servicios de alimentación, hospedaje, recreación y otros servicios personales. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

### **Impactos Positivos en el transcurso de la Etapa de Operación**

Etapa en la cual se hacen presente impactos de beneficio para la población a través del proyecto. Los impactos que darán beneficio se clasifican en: económicos, sociales y ambientales. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

### **Impactos Económicos**

-Generación temporal de empleo de manera directa e indirecta debido a labores de mantenimiento rutinario, preventivo, periódico y de emergencia de la infraestructura vial. La cantidad de empleos que lleguen a producirse dependerá del diseño estructural, ya que, debido al análisis obtenido, se llegan a contratar cierto número de individuos que serán los encargados de llevar a cabo el desarrollo del proyecto y darán a su vez terminación de dichas actividades. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

-el incremento vehicular fomenta la producción de infraestructuras de servicios alrededor de la vía, en especial al centro del caserío beneficiado. Lo que conlleva a evitar la migración del caserío hacia otras zonas cercanas o a gran distancia. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

Este tipo de impacto es de gran magnitud y permanente en el área establecida. Estos tipos de infraestructuras pueden ser optimizados por medio del apoyo adecuado de la Municipalidad de San José El Rodeo y otras organizaciones con respecto a financiamiento y asesoría. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

-Accesibilidad a mercados laborales sin necesidad de trasladarse a la cabecera municipal, al mismo tiempo oportunidad laboral debido al desarrollo de actividades en infraestructuras de servicios. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 70)

-Incremento de precios de propiedades cercanas a la infraestructura vial.

-Incremento en la producción de hortalizas y frutas en la comunidad debido al interés de las empresas, ya que la carretera es un estimulante para los proyectos de determinadas compañías.

### **Impactos Sociales**

Son impactos que afectan directamente a la población del caserío brindando un beneficio en su nivel de vida. Son resultados que se obtienen por la mejoría de la carretera, ya que la movilidad resulta más cómoda para la comunidad y al mismo tiempo para aldeas, caseríos y municipios cercanos. Los beneficios de impacto social son los siguientes: (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

-Tanto el ahorro en tiempo y costos de transporte, son de gran beneficio para la población ya que cuentan con una mejor movilidad.

-Al contar con una carretera en buen estado, el transporte colectivo podrá realizar sus operaciones sin ningún atraso debido a la movilidad segura y cómoda.

-Movilidad segura para trasladarse a infraestructuras de servicios, como hospitales y escuelas, ofreciendo un mejor acceso a servicios de educación y salud.

-Acceso fácil y seguro a las redes de servicios públicos como telefonía, agua y energía.

-facilidad en ejecución de proyectos sociales de beneficio para el caserío, debido al costo reducido en transporte de insumos y personas de un punto a otro.

### **Impactos Sobre el Medio Físico-Natural**

Las etapas de operación de determinado proyecto brindan un mayor beneficio debido a que contrarrestan los diferentes factores bióticos y abióticos del medio ambiente, los beneficios son los siguientes: (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

-Drenajes que permitirán un mejor manejo de las crecidas de lluvia, evitando dañar la capa de rodadura de la infraestructura vial.

-La estabilización del suelo brindan un beneficio para la conservación de los suelos relacionados a la erosión, favoreciendo en gran parte la vegetación y la fauna en el caserío.

Para potencializar estos impactos es recomendable realizar una evaluación ambiental, implementando las medidas de mitigación formuladas realizando un monitoreo estable, en la obra que se lleva a cabo. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

El instrumento básico de gestión ambiental que describe las medidas de mitigación y seguimiento lleva por nombre Plan de Gestión Ambiental y Social. Con el objeto de evaluar a fondo los posibles impactos negativos que ocurran en la etapa. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

El instrumento mencionado anteriormente, actúa juntamente con el proyecto que se realiza desarrollando medidas de manejo ambiental y social indispensables para prevenir, mitigar, controlar, proteger o equilibrar los posibles impactos que resultan por las actividades del proyecto propuesta de diseño y planificación de Mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos. (Ministerio de transporte e infraestructura, Valoración ambiental y social proyecto de adoquinado del camino quebrada honda – San Francisco Libre, 2011, pág. 69)

### Clase de Adoquines

Tabla N. 5. Clase de Adoquines

<b>Tipo</b>	<b>Espesor Mínimo en cm</b>	<b>Absorción de agua por 24 Hrs (% Máximo)</b>	<b>Resistencia a la compresión N/mm<sup>2</sup> (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Aplicación</b>
A	4	8	24.00 (250)	andadores, plazuelas, banquetas y cocheras
B	8	8	24.00 (250)	tránsito ligero en zonas residenciales
C	8	8	29 (300)	tránsito medio en calles y estacionamientos de servicios
D	8 o mas	8	34 (350)	tránsito pesado

Fuente: Adoquín utilizado en pavimentos para tránsito de peatones y vehículos.

### Clasificación de adoquines debido a la clasificación Del Tránsito

El tránsito vehicular se hará presente en la infraestructura a diseñar, es por ello que se divide en tres clases como objeto de análisis para la selección de adoquines, se describen a continuación: (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

### **Clase A: Uso industrial y tránsito pesado**

Adoquín aplicado para tránsito pesado ya que soporta las cargas sometidas, razón por la cual son aplicados en aeropuertos, terminales de autobuses, calles o avenidas principales y entradas comerciales. Con un tránsito de vehículos comerciales por día (vcd \*) > 20.

“**Nota 3.** \*vcd = vehículos comerciales por día. Un vehículo comercial es aquel con el que se cuenta con dos o más ejes, de 6 o más llantas”. (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

### **Clase B: Uso en tránsito liviano**

Este tipo de adoquín es usado en arterias o calles con tránsito liviano, así mismo pueden ser aplicados en entradas de garajes, aplicación en parqueos de automóviles, universidades, ciclovías, etc. Con un tránsito de vehículos comerciales por día. (vcd\*) entre 1 y 20. (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

### **Clase C: Uso peatonal**

Usado en zonas peatonales, espacios públicos. Su uso puede ser desde tránsito peatonal muy bajo hasta tránsito peatonal alto. (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

### **Confinamiento para pavimento de adoquines**

Una de las partes fundamentales del pavimento adoquinado es el confinamiento, ya que evita que el tránsito dañe la capa de rodadura que se encuentra adherente por la compactación de todo el sistema. El confinamiento externo se encuentra situado alrededor del pavimento y el confinamiento interno el que rodea las estructuras que se encuentran dentro del pavimento. (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

Es indispensable incluir en el pavimento de adoquines el confinamiento antes de colocar la cama de arena y los adoquines, dando como resultado una caja cuyo fondo será la base compactada y las paredes serán las estructuras de confinamiento (Nota 4). (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

“Nota 4. Cuando no se construye el confinamiento previo a la colocación de la cama de arena y los adoquines, se compromete toda la estructura del pavimento y podría colapsar”. (Guía Técnica de instalación de adoquines de concreto, 2015, pág. 17)

### **Confinamiento externo:**

El confinamiento está establecido, por el bordillo de una banqueta, un bordillo contra una zona verde o un bordillo a ras. Debido a que estos tipos de elementos se encuentran en contacto con las llantas de los vehículos y con el medio ambiente.

Deben ser de concreto con una resistencia ( $f'c$ ) = 4000 Psi (28 MPa), esta resistencia es obtenida a los 28 días. (ICCG, 2022, pág. 17)

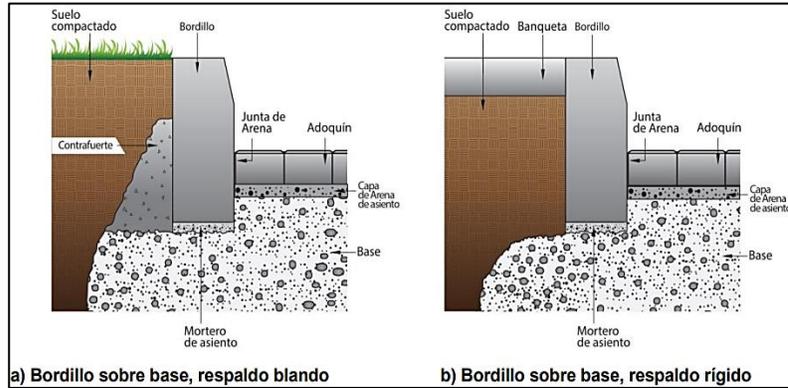
“Deberán tener un espesor de 150 mm y 450 mm de profundidad, penetrando 150 mm en la base”. (ICCG, 2022, pág. 17)

“Si no se tiene un respaldo firme (piso o estructura), es necesario colocar un contrafuerte de concreto con una Resistencia ( $f'c$ ) mínima de = 1429 Psi (10 MPa) (ver Figura 5 a y c”). (ICCG, 2022, pág. 17)

### **Llaves de confinamiento interno de concreto**

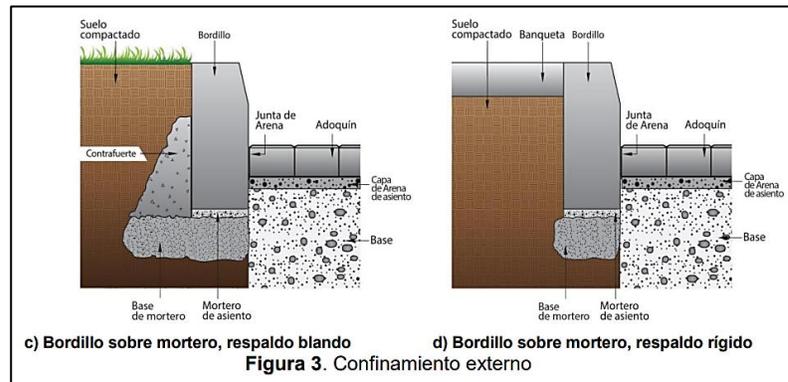
Son elementos de concreto hidráulico instalados en pavimentos adoquinados, en especial en calles que llegan a tener una pendiente longitudinal del 5% o mayor. Estos elementos se colocan de manera transversal, para asegurar los adoquines, así mismo ofrece facilidad de levantamiento en el momento que sea necesario. La separación de estos elementos se recomiendan mínimo a cada 10 mts. (RAMOS, 2003, pág. 50)

Figura. No. 7 confinamiento externo sobre base para pavimento adoquinado.



Fuente: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala. Guía de instalación de adoquines de concreto.

Figura. No. 8 confinamiento externo sobre mortero para pavimento adoquinado.



Fuente: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala. Guía de instalación de adoquines de concreto.

## Señalización

Una de las fases primordiales que se realiza en el diseño geométrico, es la señalización de las vías, los cuales deben ser plasmados todos los dispositivos de manera horizontal y vertical. Para determinar la señalización se utiliza como referencia las Especificaciones Técnicas de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL), debido a la descripción, los métodos empleados y el mantenimiento que se describen, las cuales permitan brindar la información necesaria y requerida para los usuarios que transiten de forma segura. La Unidad ejecutora se encarga de darle mantenimiento y seleccionar el tipo de señalización. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 109)

### **Dispositivos para la regulación de tránsito**

La rama de la Ingeniería Vial es la señalización, debido a que decreta las especificaciones de diseño, ampliación y ubicación de los dispositivos para la regularización del tránsito en carreteras. La selección de un dispositivo en específico en una ubicación determinada, dependerá del estudio de la ingeniería en donde tendrá gran importancia la señalización. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 109)

### **Señalización Horizontal**

Conformada por la aplicación de marcas viales de manera horizontales, por líneas, flechas, símbolos y letras que se trazan sobre el pavimento de adoquín, en los bordillos o estructuras de las carreteras, con el objetivo de manera moderada y al mismo tiempo dirigir el tránsito o señalar la presencia de obstáculos. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 109)

Para que cumpla con las funciones establecidas, la señalización horizontal es necesario que tengan una similitud con respecto a dimensiones, símbolos, diseño, caracteres, frecuencia de uso, colores, el tipo de material usado y las circunstancias en las cuales se van a destinar. La demarcación vial debe ser reflectivas, (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 110)

### **Marcas Longitudinales**

Deben ser tomados en cuenta los conceptos básicos que se describen a continuación:

- “Las líneas longitudinales de trazo discontinuo tienen carácter permisivo, es decir puede ser cruzadas siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad”. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 110)

- “Las líneas longitudinales de trazo continuo tienen carácter restrictivo, no deben ser cruzadas, ni se puede circular sobre ellas”. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 110)

### **Líneas de Borde de Pavimento**

Las líneas colocadas en los bordes del pavimento de adoquín deben ser de color blanco, no menos de 5 cm ni más de 10 cm de ancho.

Las líneas marcadas en los bordes tienen como fin los siguientes requisitos:

- “Evitar el paso de vehículos pesados por los espaldones, que generalmente tienen una capacidad estructural menor que la del pavimento adyacente”. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 113)

-Proporcionar una guía constante para el conductor, para brindar facilidad en su labor, sobre todo en el transcurso de la noche o en tiempos lluviosos o nublado. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 113)

-Reducir accidentes de tránsito

-Disminuir el ancho de los carriles que midan 4.3 mt, o más de ancho.

### **Líneas del Carril**

Son utilizadas en carreteras que cuentan con una sola dirección. Estas líneas son necesarias para guiar y ordenar el tránsito en los carriles convenientes, para desarrollar la eficiencia en relación al aprovechamiento de la superficie de la carretera en áreas obstruidas. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 113)

Estas líneas deben ser usadas en los siguientes puntos:

- “zonas congestionadas, particularmente en calles urbanas, donde el pavimento puede acomodar más vías de tránsito que sin el empleo de dichas líneas”. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 114)

- “Las aproximaciones a intersecciones importantes, pasos de peatones y zonas peligrosas ya sea en carreteras rurales o en calles urbanas”. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 114)

Se recomienda usar una línea continua de conducción de 20 cm de ancho con el fin de dividir los carriles de giro, del resto de carriles. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 114)

### **Señalización Vertical**

Son dispositivos instalados de manera vertical alrededor del camino o sobre él, encaminados a regularizar el tránsito, con el fin de alertar o informar a los usuarios a través de palabras o símbolos determinados. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 120)

Estos tipos de señales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la carretera o cercanos a ella, ya que por medio de símbolos o leyendas cumplen la misión de prevenir a los usuarios de la existencia de peligros así mismo plasmar reglamentos sobre las prohibiciones o restricciones con relación al uso de la infraestructura vial. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 121)

### **Señales de Reglamentación**

Son aquellas que informan al conductor sobre la precedencia de paso, informar sobre la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la carretera, en relación a las leyes y reglamentos que se establecen en distintos países. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 121)

En el momento de no respetar los mensajes plasmados en la señalización, contribuyen a una infracción de parte de la autoridad correspondiente y conforme a la ley o reglamento de tránsito. Estas infracciones pueden ser sancionadas con multas, retiro de la circulación del vehículo o suspensión de licencia, multas de hasta 500 quetzales. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 122)

Estos tipos de señales deberán ser colocadas en puntos estratégicos donde se requiera la regulación, al mismo tiempo debe evitarse el uso excesivo de las mismas. El mensaje en la señalización debe ser claro, con los requisitos establecidos y estar visibles totalmente para los conductores y peatones que usen la carretera. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 122)

### Señales de prevención

Se emplean con el fin de prevenir al tránsito, de peligros existentes o de gran potencial, en la carretera o próximos a ella. Estas señales obligan al conductor, tener las debidas precauciones para disminuir la velocidad del vehículo y al mismo tiempo efectuar las maniobras correspondientes para beneficio del mismo y para otros conductores. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 123)

La señalización es de gran ayuda para el conductor y peatones, debido a que son muy importantes en la prevención de accidentes. Esta señalización brinda una mayor seguridad no solo a conductores de distintos vehículos, sino también para peatones que se encuentran cercanos a la vía. Estas deben ser colocadas, antes del riesgo que se trate de señalar. Las señales de prevención deberán colocarse en puntos importantes que aseguren su máxima eficiencia, tanto de día como de noche. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 123)

Figura N. 9. Distancias para la ubicación de las señales preventivas.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN	DISTANCIA m
40	50
60	90
80	120
100	120
>100	250

Fuente: Manual de Señalización, Ministerio de Transporte, Colombia 2004, pág. 21

## **Clasificación, Designación Y uso de Adoquines de Concreto por la resistencia a flexión.**

### **Clasificación y uso**

La clasificación

n de adoquines llega a depender de la capacidad de resistencia a flexión y al mismo tiempo se toma información del área en donde será utilizado. (AMPÉREZ, 2019, pág. 67)

#### **Clase A.**

Piezas prefabricadas empleadas en áreas sometidas a grandes cargas, dichas piezas son aplicadas en calles y avenidas principales. Con un tránsito de vehículos comerciales por día (vcd) mayor a 20. (AMPÉREZ, 2019, pág. 68)

#### **Clase B.**

##### **Usados especialmente en tránsitos livianos**

Para uso en arterias o calles secundarias en donde el tránsito vehicular es liviano, pero al mismo tiempo llegan a usarse en entradas de garajes de residencias y edificios, parqueos de centros comerciales, universidades, y ciclovías. Como resultado en tránsito de vehículos comerciales por día (vcd) entre 1 y 20. (AMPÉREZ, 2019, pág. 68)

#### **Clase C.**

Piezas de uso exclusivo para zonas peatonales, espacios públicos. Aplicados en donde el tránsito peatonal es alto y bajo al mismo tiempo. (AMPÉREZ, 2019, pág. 68)

### **Clasificación por módulo de ruptura del adoquín**

Las piezas de adoquines le corresponden un módulo de ruptura de término medio en 3 muestras saturadas por 24 horas, tal y como se indica en el cuadro 2. Los ensayos deben realizarse cumpliendo con requisitos establecidos en la norma NTG – 41087 H1. (AMPÉREZ, 2019, pág. 68)

Tabla N. 12 Clases de adoquines

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia Mínima a Flexión del adoquín Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
A	80	5.4 (55)	4.6 (46.8)
B	80	4.1 (42)	3.5 (35.7)
C	80	4.1 (42)	3.5 (35.7)

Fuente: Nester Giovanni Ampérez Solíz, Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena Cuarzo-Feldespática, 2019.

### Clasificación por absorción de adoquines

#### Absorción de agua

La clasificación se llega a realizar con las reglas establecidas en la norma ASTM – C140. Al momento de realizar la compra de las piezas de concreto, deben cumplir con la absorción establecida como se indica en el cuadro No. 13. (AMPÉREZ, 2019, pág. 70)

Tabla N. 13 Absorción

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 adoquines como mínimo	Valor máximo individual
A	<=7	7.7
B	<=9	9.9
C	<=9	9.9

Fuente: Nester Giovanni Ampérez Solíz, Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena Cuarzo-Feldespática, 2019.

### Clasificación por resistencia a la abrasión

El valor promedio de 3 piezas de adoquín que han sido sometidos a los métodos de ensayo establecidos en la norma NTG- 41087 H2, deben estar dentro de los límites, los cuales se describen en la tabla No.14, en donde los límites no definen una clasificación específica, ya que solamente determina si cumple con el valor del desgaste: (AMPÉREZ, 2019, pág. 70)

Tabla N. 14 Resistencia a la abrasión

Método de ensayo	Valor
Mediante arena y disco metálico ancho	$\leq 2.3\text{cm}$
Ensayo de Bohme	$\leq 20,000 \text{ m}^3/ 50,000\text{m}^2$
Los métodos de ensayo se describen en la norma NTG 41087	

Fuente: Nester Giovanni Ampérez Solíz, Elaboración de adoquines de concreto, utilizando como agregado fino arena Cuarzo-Feldespática, 2019

### Marcado

Se recomienda marcar los adoquines, tomando en cuenta en tipo de resistencia.

“Un mínimo del 50% de los adoquines de concreto deberán marcarse claramente para identificar el uso adecuado de los mismos, de la siguiente manera”: (AMPÉREZ, 2019, pág. 70)

Tabla N. 15 Marcado de elementos

Clase	Color
A	Azul
B	Rojo
C	Verde

Fuente: José Jorge Román García, Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coganor NTG41086, 2018.

“Cada envío de adoquines deberá acompañarse de una boleta de despacho en donde debe indicarse como mínimo, la siguiente información”: (ROMÁN, 2018, pág. 33)

- a) El nombre del fabricante o importador
- b) La designación del adoquín indicando clase y densidad
- c) Edad o fecha de producción
- d) Número de lote

### **Recomendaciones de instalación para pavimentos de adoquines de concreto**

Tanto las recomendaciones como la consultoría profesional deben ser combinados para un diseño con buenos resultados. Se debe tomar en cuenta las opiniones que brinde el ingeniero encargado de la instalación de adoquines, para evitar alterar las capas, que se conformaron antes de la colocación de la capa de rodadura. Es indispensable tomar en cuenta el tipo de adoquín el cual será instalado.

Las recomendaciones mencionadas en el documento no son parte de las normas de especificaciones, son tomadas como prácticas de construcción aceptables y pueden generarse otras que mejoren y que no están incluidas en este documento. La distribución de los adoquines debe estar relacionado principalmente a la forma, el espesor y la resistencia mecánica.

Es necesario manifestar diseños diferentes ya que los pavimentos de adoquines tienen un amplio desarrollo de adaptación. Se recomienda la utilización de los adoquines de concreto según se menciona en determinada norma.

### **Medición de dimensiones**

Para obtener un diagnóstico de calidad de adoquines se toma solamente dos dimensiones de las piezas que han sido seleccionadas. Tanto la longitud, ancho y espesor deben ser tomados a una separación de 10mm de la arista semejante, a excepción del espesor de la capa superficial, debe ser tomada sobre la superficie cortada, apoyando las puntas de los brazos del calibrador. (ROMÁN, 2018, pág. 33)

Deben ser registradas, la longitud real ( $l_r$ ), las dos mediciones para el ancho real promedio ( $a_r$ ). Después de registradas las mediciones se calcula el promedio de la longitud real promedio ( $l_r$ ) y el ancho real promedio ( $a_r$ ), ambas pertenecientes a la muestra. Una vez realizado el procedimiento anterior las cinco mediciones, se lleva a cabo un promedio, respectivo. (ROMÁN, 2018, pág. 33)

Figura. No. 15 Toma de mediciones en una muestra de adoquin



Fuente: Medición de dimensiones. José Jorge Román García, Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coguanor NTG41086, 2018.

### Resultados medición de dimensiones

Una vez realizados los procedimientos seleccionados, se procede a efectuar tablas que contengan las dimensiones de los elementos utilizados. Ejemplos de dimensiones que debe contener las tablas efectuadas: (ROMÁN, 2018, pág. 33)

Tabla N. 16 Identificación: adoquín 1

Largo (cm)	Grosor (cm)	Base (cm)
19.8	0.08	9.8

Fuente: Medición de dimensiones. José Jorge Román García, Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coguanor NTG41086, 2018.

Tabla N. 17 Identificación: Adoquín 2

Largo (cm)	Grosor (cm)	Base (cm)
19.8	8.3	9.8

Fuente: Medición de dimensiones. José Jorge Román García, Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coguanor NTG41086, 2018.

Tabla N. 18 Identificación. adoquín 3

Largo (cm)	Grosor (cm)	Base (cm)
19.9	8.2	9.8

Fuente: Medición de dimensiones. José Jorge Román García, Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coguanor NTG41086, 2018.

### **Deterioro acelerado.**

#### **Estabilización de suelos**

##### **Estabilización química con cal o cemento**

Al momento que se cuente con un suelo inestable para un pavimento de adoquines, la estabilidad química con cal o cemento son procesos constructivos que se realizan para dar mejores propiedades a los suelos (resistencia y estabilidad) a largo plazo, en consecuencia, es efectivo pero muy costoso. (DUARTE, 2013, pág. 17)

##### **Suelos estabilizados con cal**

El procedimiento se lleva a cabo mezclando el suelo con cal y agua. La cal que es empleada en el suelo, puede ser cal anhidra/viva o cal hidratada/apagada. Se les da el nombre a estos tipos de suelo como aéreos por la cualidad que tienen de fortalecerse con el aire, una vez se le incluya el agua. (DUARTE, 2013, pág. 17)

##### **Suelos estabilizados con cemento**

Este tipo de suelo presenta una disgregación de su estructura, lo que implica añadirle cierto tipo de cemento, que lleva a convertirse en un material llamado suelo cemento, para obtener la estabilidad que se necesita para el tipo de estructura que será aplicada. La mezcla consiste en la unión del suelo a trabajar con cemento y agua, dándole seguimiento a una compactación y el curado conveniente. (DUARTE, 2013, pág. 17)

#### **Normas AASHTO y ASTM para ensayos de laboratorio para clasificación de Suelos**

Es necesario aplicar ensayos de laboratorio para los diferentes tipos de suelos, usando los instrumentos necesarios que especifican las normas, tales normas con los resultados obtenidos clasifican el suelo, estas son las ASTM y AASHTO. Los ensayos determinaran el tipo de suelo que se trabajara para la colocación de la capa de rodadura, al mismo tiempo debe tomarse en cuenta el tipo de camino, en el cual se lleva a cabo el análisis. (DUARTE, 2013, pág. 25)

Tabla N. 19 Tipos de ensayos y normas AASHTO y ASTM

Tipos de ensayo	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los suelos	T-27 Y T-11	D-422
Limite Líquido de los Suelos	T-89	D-423
Limite Plástica e índice de plasticidad de los suelos	T-90	D-424
Equivalente arena	T-176	D-3282
Compactación	T-180	D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente: Rony Chojolán Duarte, 2001.

### **Determinación de la resistencia de los suelos, AASHTO T-193 (ASTM D-1883)**

Uno de los ensayos de resistencia más utilizados en el estudio de suelos es el CBR (Relación California de Soporte), ensayo que se lleva a cabo para calificar el valor soporte de los suelos y de esa manera determinar si puede ser usado como material de soporte o como material de subbase o base. (DUARTE, 2013, pág. 28)

El ensayo CBR se lleva a cabo con el objetivo de determinar la resistencia que tiene el suelo a los esfuerzos cortantes que en él se aplican. Se determina a través de una densidad y humedad moderado expresándose en %. Se requiere de una carga unitaria necesaria para introducir un pistón dentro del suelo en una muestra patrón necesaria para el estudio del suelo. (DUARTE, 2013, pág. 28)

La clasificación de suelos se lleva cabo debido a la división del mismo en grupos y subgrupos con propiedades semejantes. Este tipo de grupos llevan por nombre “Clasificación de suelos”. (DUARTE, 2013, pág. 29)

Tal división es útil ya que varios proyectos de suelos no incluyen expresiones matemáticas para examinar el resultado de forma numérica. (DUARTE, 2013, pág. 29)

### **La Conservación Vial de caminos rurales**

La conservación vial consiste en realizar actividades técnicas, bien sea periódicas o rutinarias que deben establecer los organismos de la gestión vial para mantener en buenas condiciones, evitando una compensación que implica gastos de efectivo a mayor escala. Las actividades técnicas pueden ejecutarse sin necesidad de que se presenten daños en la superficie de rodadura. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 9)

Estos tipos de operaciones tienen el propósito de proporcionar fluidez al tránsito vehicular en el periodo de diseño establecido, pero a la vez se busca brindar seguridad y comodidad a los usuarios que en ella transiten, logrando evitar la construcción o rehabilitación de la vía, de esa manera eludir las inversiones que se lleguen a efectuar. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 9)

En la mayor parte de países latinoamericanos se estimó que la función principal de los organismos del Estado relacionados a las carreteras, era construir carreteras con los presupuestos asignados. Los organismos mencionados eran eficaces mediante el número de kilómetros construidos y el tipo de edificación ejecutada, a diferencia que ahora surge la conservación del camino construido tomándolo como un papel secundario. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 10)

Existen propuestas de diseño y construcción de caminos por parte de autoridades, así mismo crean esquemas de gestión que no generan los resultados esperados, pues la mayor parte se centran en construir caminos, en lugar de conservar los que ya existen ya que aún no llegan al tiempo de periodo de diseño establecido en la propuesta. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 10)

Algunos países han admitido políticas nacionales para mantener una conservación vial de manera que beneficie y genere niveles de organización idóneos para una gestión vial aceptada. Mantener una vía en buenas condiciones de circulación tanto vehicular como peatonal durante el tiempo de periodo establecido, ha sido de gran aprobación para los organismos nacionales ya que se logra un ahorro en los costos de operación, reparación de vehículos y del mantenimiento de las carreteras. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 10)

### **Ciclo de vida “fatal” de los caminos.**

El deterioro de los caminos se ve reflejado a medida que pasa el tiempo, ya que varios agentes actúan sobre ellos los cuales se puede mencionar principalmente el agua, el tráfico, la inestabilidad de taludes, etc. Estos agentes afectan directamente el camino en dimensiones menores o mayores, generando un deterioro permanente lo que conlleva a tal punto una vía intransitable. El exceso de agua u otros fluidos pueden afectar completamente la carpeta principal, lo que da como inicio el deterioro de la carretera, continuamente las demás capas se verán afectadas en un futuro no muy lejano. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 10)

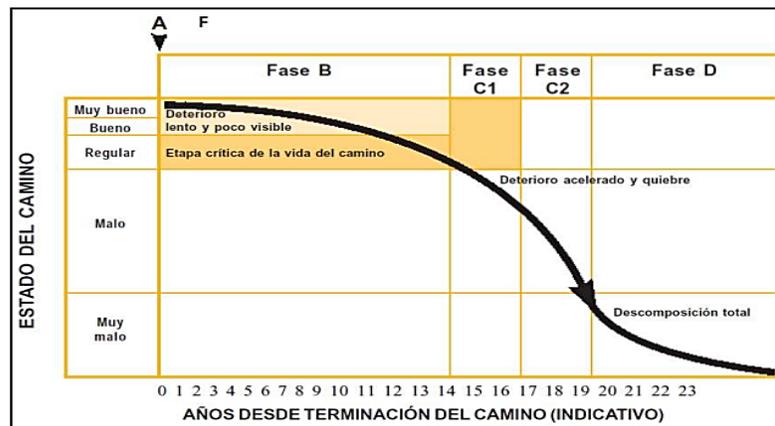
Existen organismos que no prestan atención al deterioro que presentan los caminos, debido a que se desarrolla una etapa inicial con un deterioro lento y poco visible, encaminándose a una etapa crítica donde el estado del camino ya no es favorable para la movilidad vehicular llegando a un punto en donde se interrumpe la comunicación entre poblaciones, el acceso a servicios y recursos. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 10)

Los mantenimientos en carreteras, no son procesos que se realicen en cualquier instante ya que deben ejecutarse en el momento y tiempo idóneo, haciendo lo posible de contrarrestar los efectos que generen los agentes sobre el camino, alargando el tiempo de diseño establecido de la infraestructura vial y al mismo tiempo reducir las inversiones en mantenimientos constante. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

### Fases de deterioro de la vía

La condición “fatal”, es uno de los ciclos que se presentan en una carretera, la cual se encuentra constituida por cuatro fases debido a sus características, se describen a continuación: (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

Figura No. 16 condición de la vía sin mantenimiento



Fuente: René Alexander Rodríguez González, San Luis, Punín, Flores, 2011

### Fase A: Construcción

En esta fase las obras de infraestructura vial son de construcción sólida contando con defectos mínimos, así mismo entra en servicio aun estando en ejecución constructiva, durante ese tiempo se lleva a cabo el mejoramiento o rehabilitación de la misma. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

Este paso representa una excelente condición para la movilidad vehicular, satisfaciendo las necesidades de las personas beneficiadas. La infraestructura vial brinda a los habitantes y vecinos cercanos mayor seguridad y confort, el tiempo de movilidad es menor tanto para los habitantes como también para sus bienes muebles. Las actividades de mantenimiento pueden ejecutarse en este punto, con el fin de evitar obstruir la movilidad de vehículos y peatones con elementos físicos. (punto A de la gráfica). (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

### **Fase B: Deterioro lento y poco visible del camino**

Debido a los años que transcurren, el camino se ve afectado por agentes que actúan sobre él, provocando el desgaste que debilita la movilidad, sobre todo, la superficie de rodadura, igualmente las demás bases se ven afectadas, pero en menor grado. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

Los agentes que afectan directamente la capa de rodadura como se mencionan algunos, la circulación de vehículos, las inclemencias naturales, inestabilidad de taludes, etc. Todos los mencionados generan un desgaste en la construcción vial, sin embargo, depende también de los procedimientos en la obra de infraestructura. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 11)

Para reducir el desarrollo del desgaste de la carretera, es necesario ejecutar, con cierta regularidad, distintas medidas de conservación, primordialmente en la capa de rodadura, así mismo en los drenajes laterales e interiores, además de efectuar las intervenciones habituales de mantenimiento. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 12)

Durante esta fase indicada en la gráfica, se muestra una apariencia favorable del camino, lo que evita al usuario notar de forma inmediata el desgaste, a simple vista no se logran ver pequeñas grietas en diferentes puntos del camino. La carretera continuara brindando sus servicios de forma normal. Las grietas que se presenten en la capa de rodadura no afectan las demás capas, pero sino se tratan de manera adecuada pueden afectar de forma directa. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 12)

### **Fase C: Deterioro acelerado del camino**

Con el correr de los años, el uso del camino se verá reflejado el deterioro de la capa de rodadura, la carretera continuara deteriorándose de forma acelerada y será imposible que resista cada vez menos en la movilidad de vehículos tanto livianos como pesados. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 12)

Esta fase indica que la estructura esencial de la carretera, aun se nota intacta brindándole a la población una vía sólida, algo que es muy distinto ya que en esta fase se observan más aun los daños en la superficie y comienza a deteriorarse la principal estructura, algo que no es notable a simple vista para la población. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 12)

El daño que se ha notado a lo largo de la carretera, se extiende haciéndose notar a simple vista por la población, debido a que se va ampliando, afectando gran parte de la carretera. En esta fase, el proceso de deterioro es corto debido a que el daño ocasionado es de forma precipitada. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 13)

#### **Fase D: Deterioro total del camino**

El deterioro total del camino establece la etapa final de su efectividad, la cual puede tardar varios años. La movilidad vehicular es completamente difícil, tanto los vehículos livianos y pesados disminuyen su velocidad, provocando una demora hacia su destino, igualmente el rendimiento del camino se reduce a un mínimo de la inicial. En este punto los gastos en la reparación de vehículos son muy elevados y los accidentes se generan constantemente. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 13)

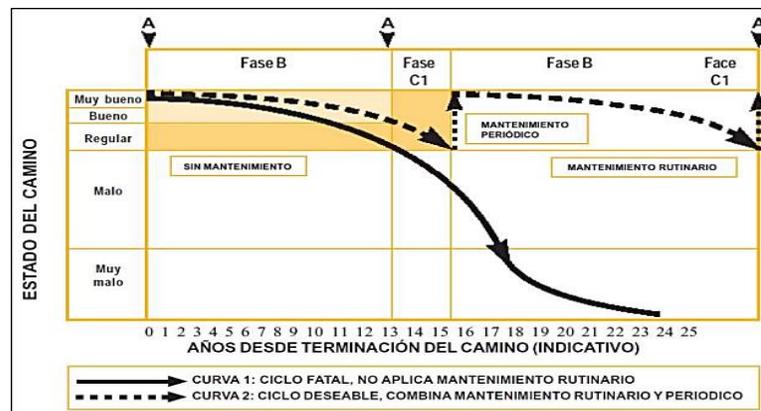
Lamentablemente en Guatemala se encuentran en deterioro diversas carreteras las cuales, varias organizaciones las consideran transitables, algo que es completamente incierto ya que la fase “D” representa el deterioro total del camino. La restauración de la vía implica una inversión a gran escala. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 13)

Estos tipos de carreteras afectan la economía de la población de manera directa e indirecta. La población es afectada debido a la movilidad por medio de vehículos, como de manera peatonal. Las viviendas cercanas a la vía pueden afectarse de forma directa, debido a las escorrentías que lleguen a formarse en la carretera, lo que causa daños en las paredes y los elementos estructurales que la conforman.

### Ciclo de vida deseable de una carretera rural

El deterioro total de un camino se lleva a cabo por la falta de mantenimiento que las organizaciones no ejecutan constantemente. El desarrollo del ciclo de vida deseable para una carretera se lleva a cabo con un sistema que tenga como objetivo la conservación adecuada, tanto la falta como el constante mantenimiento, se representan en la figura siguiente: (RODRIGUEZ, 2011, pág. 13)

Figura No. 17 Condición de la vía con y sin mantenimiento.



Fuente: René Alexander Rodríguez González, San Luis, Punín, Flores, 2011

El ciclo de cada carretera nueva o recién restablecida, estará en óptimo estado para brindar un servicio a la población. Pero con el correr del tiempo empezará a notarse el deterioro natural, sobre todo por los principales agentes como lo es el flujo vehicular y los factores climáticos. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 14)

Si se ejecutara un plan de mantenimiento usual de la carretera, el tiempo de servicio sería más extenso provocando un deterioro lento. Una vez ejecutado el plan, se evitaría realizar mantenimientos de inversión a gran escala. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 14)

Un mantenimiento usual beneficia gran parte la conservación de la carretera, debido a que se logra obtener el periodo de diseño establecido. A diferencia de otros caminos que no cuentan con un plan de mantenimiento, los cuales no llegan a obtener el periodo destinado. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 14)

Cuando el camino llega a una situación moderada, es necesario ejecutar un mantenimiento de tipo periódico, en otras palabras, reemplazar la capa de rodadura.

De ese modo, el camino se mantendrá en un estado ideal de conservación, con los beneficios procedentes para el transporte. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 15)

### **Ciclo de vida fatal y deseable de una carretera.**

El diagrama de flujo presentado a continuación define el camino en sus dos etapas, en la cual puede lograrse un aprovechamiento a largo plazo, pero a la vez llevarlo a un deterioro inmediato algo que puede evitarse con un plan de mantenimiento constante. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 15)

Figura No. 18 diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”



Fuente: René Alexander Rodríguez González, San Luis, Punín, Flores, 2011

### **Aspectos que influyen en el deterioro de la vía**

Existen aspectos que debemos tomar en cuenta para evitar el deterioro del camino, los cuales se mencionan a continuación: (RODRIGUEZ, 2011, pág. 20)

- Acción del medio sobre la carretera.
- Características del tránsito
- Defectos en los diseños.
- Defectos de construcción

### **Acción del medio sobre la carretera**

Existen diferentes maneras en las cuales el medio ambiente puede hacerse presente en la carretera, lo que contribuye a reducir el periodo de diseño establecido, es por ello que los ingenieros encargados deben tomar en cuenta estas manifestaciones al momento de diseñar una infraestructura vial. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 20)

#### **a) Características del territorio**

La existencia de cantera de materiales o recursos acuíferos, brindan en el proceso de construcción vial una inversión y tiempo favorable, ya que se reduce la movilidad de materiales que pueden afectar directamente la carretera. Estos tipos de factores llegan a determinar la propia gestión de la infraestructura vial. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 21)

#### **b) Clima**

Es uno de los agentes principales que llegan a proyectar ciertos impactos negativos en la infraestructura vial, debido a que puede afectar antes durante y después, a través de precipitaciones de lluvias, los cambios bruscos de temperatura. Es importante tomar en cuenta estos tipos de variaciones para contrarrestarlas en el debido tiempo, para evitar que dañen la capa de rodadura principal.

### **Características del tránsito**

Otro de los agentes que actúan sobre la carretera es la movilidad vehicular, ya que genera un impacto principal sobre la capa de rodadura. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 21)

La cantidad y el tipo de vehículo que llegue a presentarse en la carretera, será de gran importancia, debido a que es uno de los principales aspectos que pondrá a prueba directamente la resistencia y estabilidad de la infraestructura vial. La presión de los neumáticos, la velocidad, y el peso que lleguen a generar los automóviles son factores que deben tomarse en cuenta en el diseño de la vía. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 21)

### **Defectos en los diseños viales.**

Una de las situaciones que es muy habitual, es el diseño que se aplica sin analizar las dimensiones idóneas, ya que cada carretera es diferente debido a la topografía, el tipo de suelo y el espacio que se tendrá para construir. Al no analizar las dimensiones que se aplicaran, existe la posibilidad de entrar en un deterioro inminente, debido a que no tiene la capacidad necesaria para contrarrestar las posibles causas que deterioran una carretera. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 22)

Al no contar con un diseño idóneo para la población, es causa principal de escasas de información sobre el estudio del tráfico, las condiciones de sub rasante, los materiales empleados en la construcción y el clima con el que cuenta el lugar beneficiado. Toda la información necesaria para crear un diseño de infraestructura vial, es primordial para evitar el deterioro inmediato de la carretera. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 22)

### **Defectos de construcción**

Otro tema importante que se debe analizar para evitar el deterioro de la vía, es la calidad de la construcción, analizando el control de calidad, especificaciones técnicas y fiscalización o supervisión de la carretera. Al no tomar en cuenta estos temas, cabe la posibilidad de no lograr el tiempo de servicio establecido. (RODRIGUEZ, 2011, pág. 22)

### **Incremento de Gastos**

#### **Tipos de intervención vial**

La intervención vial puede dividirse en diferentes tipos, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, así también depende del estado en el cual se encuentren las vías. Los procedimientos que se ejecuten harán posible la durabilidad de la carretera para beneficio de los pobladores, y habitantes cercanos al caserío. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

### **Construcción**

La construcción implica el desarrollo de actividades físicas que se llevan a cabo para la elaboración de una infraestructura vial totalmente nueva, con las normas de diseño que cumplan con la geometría. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

### **Rehabilitación**

Son capacitaciones destinadas a brindar el mantenimiento correcto de una obra vial, con las acciones de compensación y/o realización que demanda la obra que desean mejorar o reemplazar. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

### **Mejoramiento**

Son las acciones que tienen como objetivo reconstruir una vía en deterioro, a través de trabajos que posiblemente alteren la geometría y la estructural del pavimento adoquinado. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

### **Mantenimiento**

Actividades que se realizan para evitar que una obra vial continúe deteriorándose, a tal punto de evitar transitar de forma segura y fácil. Estas actividades pueden llevarse en un mantenimiento rutinario o periódico. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

### **Mantenimiento rutinario**

Secuencia de actividades (aplicación de pintura, limpieza, bacheo, perfilado, etc.) que se llevan a cabo para mantener los niveles de servicio de una infraestructura vial. Este tipo de procesos pueden ser de forma manual o mecánica a cada 3 meses, ya que son acciones sencillas de ejecutar. (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

La rehabilitación de carreteras son procesos que deben realizarse para lograr una movilidad con mayor seguridad y confort para la población.

### **Mantenimiento periódico**

El propósito principal es conservar los niveles de servicio original del pavimento adoquinado, a través de una serie de actividades planificadas a cada 3 años, tales como: (VÁSQUEZ, 2019, pág. 4)

- La reposición de bloques de adoquín.
- Colocación de bloques de adoquines, arena de junta y cama de arena.
- Enmendar o restaurar partes de las capas inferiores del pavimento de adoquines.

### **Movilidad inadecuada de vehículos**

#### **Estudio Topográfico**

Este tipo de estudio es necesario realizarse a cabo para poder conocer la forma del terreno, el cual será la principal base de la construcción vial. Una vez adquiriendo las medidas precisas para obtener las posiciones de los puntos horizontales y verticales, se procede a realizar la forma geométrica que tendrá el pavimento adoquinado.

#### **Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico brinda la información necesaria para ubicar los accidentes naturales o artificiales y las elevaciones del terreno que pueden afectar o beneficiar la infraestructura vial.

#### **Tipos de levantamientos**

En la topografía se cuenta con 2 tipos levantamiento, haciendo mención a una poligonal abierta y una poligonal cerrada. La poligonal abierta es aquel proceso donde se inicia de un punto cero y el punto final es en diferente ubicación, en cambio una poligonal cerrada, se inicia en un punto y termina en la misa ubicación de inicio. El presente estudio se llevó a cabo con una poligonal abierta. Los instrumentos y herramientas deben utilizarse para el levantado de información.

El levantamiento topográfico consiste en la selección de un punto inicial de la carretera, continuamente se toman los siguientes puntos hasta finalizar en un punto indicado. Los datos que se tomen deben ser colocados en una libreta topográfica con fin de usarlos para la descripción de la carretera. A continuación, se presentan algunos temas relacionados a la topografía de caminos, los cuales son de gran importancia en la aplicación tanto antes como después de los trabajos de construcción y operación:

### **Equipo**

El levantamiento topográfico es necesario para ejecutar proyectos de obras grises, en el cual se emplea instrumentos de trabajo y mano de obra. La mano de obra incluye un topógrafo y dos cadeneros. En los instrumentos de trabajo se puede hacer mención de un teodolito, nivel, trípode, plomada, estadal, cinta métrica, martillo, estacas y libreta de campo.

### **Altura de instrumento**

Se obtiene con el resultado de una cota del punto en donde se coloca la mira, una lectura positiva y una lectura negativa, ambos resultados restarlos para obtener una cota del punto donde se encuentra ubicada la mira.

### **Planimétrico**

Es el conjunto de acciones que se realizan para obtener la representación gráfica del terreno, que se traza sobre un plano horizontal. El trazo realizado da a conocer dos dimensiones las cuales tienen como nombre plano. (GÁLVEZ, 2007, pág. 59)

Este proceso se realiza manteniendo el azimut, el cual se obtiene al momento en que se procede a la siguiente estación realizando observaciones de la estación anterior con una vuelta de campana conservando el ángulo obtenido y seguidamente se lleva a realizar de otra vuelta de campana, así mismo se continuara hasta llegar al punto final. (GÁLVEZ, 2007, pág. 59)

### **Altimetría**

Consiste en medir las alturas de una superficie de la tierra, con el objetivo de representar los datos gráficamente. Con los datos de la planimetría y altimetría llega a definirse la superficie en estudio, el cual estará representado en tres dimensiones. (GÁLVEZ, 2007, pág. 59)

**Plano Horizontal:** es un plano tangente a una superficie de nivel.

**Superficie de nivel:** Es una superficie curva, en donde cada uno de los puntos es perpendicular a la dirección de la plomada; así el desnivel entre dos puntos es la distancia que existe entre la superficie de nivel de dichos puntos.

**Ángulo vertical:** es el ángulo entre dos líneas que se cortan en un plano vertical. En topografía se supone una de estas líneas de manera horizontal.

**Elevación o cota:** distancia vertical medida desde un plano de referencia.

**Nivel medio del mar:** altura media de la superficie de la mar media de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo de 19 años.

### **Lectura negativa**

Se obtiene en la mira colocada en un punto determinado cuya altura se obtiene y continuamente se resta la altura del instrumento con el objetivo de conseguir la cota en que está posicionada la mira. Este tipo de nivelación se le denomina “vista adelante”.

### **Lectura positiva**

es la que se hace en la mira cuando está colocada sobre un punto de cota o elevación conocida a la que invariablemente se suma para obtener la “altura del instrumento”.

Se le denomina “vista atrás” porque queda detrás del nivelador si se sigue el sentido de la nivelación.

### **Banco de Materiales**

es un área cercana a la zona de construcción en donde se encuentran materiales que podrán ser usados en la infraestructura vial, es un lugar natural formado por roca, arcilla, grava o arena. Estas áreas son de gran beneficio para la obra, con respecto a la movilidad de materiales y equipo de construcción. Los bancos de materiales son detectados gracias a la utilización de técnicas como:

- exploración del terreno
- aplicación de pozos a cielo abierto
- análisis geofísicos
- sensores remotos
- fotografías interpretativas

### **Descripción de la Actividad**

Al momento de diseñar la infraestructura se considera la utilización de bancos de materiales debido a la preparación de la subbase. Al proponer ciertos bancos de materiales deben contar con un plan de gestión y a la vez con su respectivo permiso de explotación.

### **Impactos Negativos**

- Erosión del suelo debido al desplazamiento de la capa superior y en consecuencia la contaminación de fuentes de agua cercanos y la calidad del aire, lo que provoca riesgo de enfermedades a los trabajadores y vecinos cercanos a la infraestructura.
- al extraer materiales se crean agujeros que ocasionan estancamiento del agua de lluvia lo que ocasiona una reproducción de mosquitos que transmiten enfermedades a la población.

## **Medidas de Mitigación**

Para dar inicio a la explotación, se debe requerir un permiso con el cual podrá llevarse a cabo.

Las medidas de mitigación que se deben tomar en cuenta para la explotación son:

-Si existe material reunido o de corte, recolectar y utilizar para la obra.

-Los cortes deben realizarse en forma de terraza con un apoyo de talud que ofrezca seguridad.

-Elaborar terrazas que no sobrepasen los 5 metros de altura en ambos lados, contando con un ancho mínimo de 3 metros.

-Al momento de finalizar la obra se recomienda evitar el encharcamiento ocasionado por los agujeros con el objetivo de evitar la reproducción de mosquitos.

Al realizar sub excavaciones se recomienda conformarse con materiales sobrantes de destronques o cortes alrededor.

-Durante el cierre de los bancos de materiales, se aconseja reponer con capas vegetales, engramado y tierra vegetal si es necesario para una conformación aceptable, con el fin de evitar que ciertos fluidos produzcan socavamientos en el área afectada.

## **Propuesta de Diseño**

En este método, para el cálculo de espesores, se utiliza la Guía de diseño de AASHTO.

Los datos de Diseño especificados para este método son:

-Índice de confianza (%) = 85 (parámetro AASHTO 1993: 75-95)

-Índice de servicio inicial= 4.2 (parámetro AASHTO 1993: 4.2-4.4)

-Índice de servicio final= 2.2 (parámetro AASHTO 1993: 2.0-2.5)

Índice de servicio de diseño= 2

-Desviación estándar  $S_o = 0.45$  (parámetros AASHTO 1993: 0.45)

-Módulo de resiliencia,  $M_r = 7500$

-Periodo de Diseño (años)= 15

-Número de ejes equivalentes= 1.5 millones

Número estructural:  $SN = 3.4$

Calculo de espesores:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2$$

Donde:

$SN =$  Número estructural= 3.4

$a_1 =$  Coeficiente de carpeta (adoquin)= 0.45

$a_2 =$  Coeficiente de base= 0.14

$D_1 =$  Espesor del adoquín (Pulgadas)= 3.94 plg

$D_2 =$  Espesor de la base= ( se obtiene con el resultado  $D = 29.52$  cm )

Si el espesor del adoquin es de 10cm, equivalente a 3.94 plg. Entonces:

$$3.4 = 0.45 * 3.94 + 0.14 * D_2$$

$$D_2 = 11.62 \text{ plg}$$

$$D_2 = 29.52 \text{ cm}$$

Con los procedimientos realizados, la estructura principal (grosor de adoquines, grosor de la arena de junta y base granular), del pavimento de adoquin quedaria conformada de la manera siguiente:

Adoquin = 10 cm

Arena = 3 a 5 cm

Base Granular = 29.52 cm

## **Adaptación del método de Mills**

### **Tráfico**

Al momento de diseñar una carretera, debe tomarse en cuenta el tráfico promedio que afectara directamente a la infraestructura vial que se lleve a cabo. A través de procedimientos matemáticos se logrará calcular las dimensiones, materiales y geometría de la carretera para soportar la capacidad de volumen que afectará directamente las características del diseño geométrico. (Ortiz, 2013, pág. 53)

El volumen vehicular se define como el desplazamiento en un periodo de tiempo determinado, en el tramo de la carretera que será construida. El volumen de tráfico puede ser tomado en el periodo de tiempo, obtenidos durante una hora y el volumen de tráfico analizado durante un día será diario.

### **Tráfico promedio diario anual (T.P.D.A)**

El volumen del tráfico promedio diario anual es la unidad de medida de tránsito de una carretera. Para el cálculo se debe tener en cuenta lo siguiente: (Ortiz, 2013, pág. 53)

-En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será contado en ese sentido.

-En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tránsito en los dos sentidos. Normalmente para este tipo de vías el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos.

### **Tráfico Actual**

Es la cantidad vehicular que tiene movilidad sobre una carretera antes de ser mejorada, el cual es utilizada en el presente. Puede ser tráfico existente y trafico atraído. La cantidad de vehículo, será un dato importante para la selección de procedimientos que se lleven a cabo en la infraestructura vial. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

### **Tránsito de la hora pico**

El tráfico promedio diario anual es una medida general de la magnitud del tránsito a lo largo de un día en la infraestructura vial, existirán variaciones durante el movimiento de vehículos los cuales deben tomarse en cuenta para llevar a cabo el diseño geométrico el cual será aplicado en el lugar de estudio. La cantidad de vehículos puede aumentar por los eventos que se realicen en el caserío o lugares cercanos, establecidos de manera temporal o ambulante. Los eventos pueden ser de beneficio social o económico para la población. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

Una vez obtenido las variaciones necesarias se procede a graficar la curva de datos del volumen del tránsito registrado durante un año en una ubicación determinada en donde se lleva a cabo la recopilación de datos. El eje de las ordenadas que se identifiquen en la gráfica, indicara el volumen registrado vehicular de mayor y menor. El TPDA se indica en % y el eje de las abscisas se añaden los datos de horas por año en donde el transito es mayor, menor o igual. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

El porcentaje de 25 – 38% del TPDA es la máxima hora que puede registrarse. La curva desciende bruscamente hasta llegar al punto de inflexión que ocurre normalmente en el señalado trigésima hora de diseño (30HD), lo que significa que al diseñar debe tomarse en cuenta que existirán 30 horas en el año donde el volumen de tránsito será de mayor escala. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

El porcentaje que normalmente se mantiene en la representación de hora pico 30 HD es entre 12 y 18% en el TPDA. En carreteras rurales se encuentra un 15%. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

En carreteras urbanas el porcentaje de 30 HD, se encuentra entre el 8 y el 12% en el TPDA, por lo que es permitido usar un 10% como valor de diseño debido a la falta de datos propios de las investigaciones en tránsito. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

### **Factor de la hora pico (FHP)**

“El factor de la hora pico se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de 15 min, dentro de dicha hora”. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

$$FHP = \frac{\text{Total vehiculos/ Cuarta parte de la Hora Pico}}{\text{Mayor volumen registrado en el lapso de la hora pico}}$$

### **Tráfico Futuro**

Este dato es obtenido basándose en el tráfico actual, analizando el volumen que estará presente en un futuro. Al momento de cambiar la capa de rodadura por una de mejor apariencia y mejores condiciones el tráfico vehicular será de diferente, los cuales pueden agregarse los siguientes: (SALAZAR, 2014, pág. 14)

### **Tráfico generado**

Es la cantidad de viajes que podrían llevarse a cabo si las mejoras de la propuesta de diseño se llevan a cabo en el caserío, así mismo pueden organizarse de esta forma: (SALAZAR, 2014, pág. 14)

- Viajes que no se efectuaron anteriormente.
- Viajes que se realizaron anteriormente a través de unidades de transporte público.
- Viajes que se efectuaron anteriormente hacia otros destinos y con las nuevas facilidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta.

El tráfico puede aumentar o disminuir, debido a las condiciones en las que se encuentren la carretera. La cantidad de vehículos por día puede ser afectado por los eventos que lleguen a realizarse, una vez que finalicen los procesos de construcción, los habitantes se verán afectados por la movilidad de forma constante.

Por lo general, la movilidad vehicular se lleva a cabo entre los dos años siguientes después de terminada las labores de construcción de dicha carretera. En el caserío aún no se dispone de estudios respecto al comportamiento del tráfico que se producirá en la vía, pero es necesario contar con los datos para relacionarlo al grado de mejoramiento con el volumen de tránsito. (SALAZAR, 2014, pág. 14)

### **Planificación.**

#### **Visita de campo**

Esta se llevó a cabo con el fin de observar la situación actual del lugar, para así recolectar información detallada y precisa.

#### **Derecho de vía**

Es el área de terreno que el estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.

El costo del derecho de vía debe ser tomado en cuenta en el proyecto de una carretera, el costo estará determinado por la clase de terreno que atraviesa la carretera. Es un asunto de orden legal y se rige por las leyes de cada país.

En la determinación del ancho del derecho de vía, este estará determinado por las exigencias de cada caso en particular. Se deberá prever las condiciones futuras de aumento y tránsito, y aumento de la sección típica, así como las construcciones de zonas de estacionamiento, construcción de banquetas, áreas verdes.

El derecho de vía no tiene que ser constante a todo lo largo de la carretera. Este ancho variará cuando los cortes y rellenos sean muy altos, necesitándose terreno adicional para que los taludes queden dentro del derecho de vía. La longitud de la carretera dependerá del espacio necesario para realizar la construcción vial.

### **Características del tránsito**

La movilidad de vehículos en la carretera es uno de los factores que llega a impactar totalmente la estructura de la carretera, en especial, sobre la capa de rodadura o calzada.

Datos como el número de vehículos que utilizaran la vía, las características físicas del vehículo, su fin de operación, el peso bruto y peso por ejes, igualmente la presión que se genera en los neumáticos. Estos aspectos tienen efectos notorios en la estructura de la pavimentación de adoquines tomando en cuenta las características geométricas de la misma.

### **Importancia de la Conservación vial**

La conservación vial nos permite:

- Realizar ahorros en los costos de operación vehicular.
- Ahorro de tiempo para los usuarios.
- Preserva la inversión realizada por las instituciones administradoras viales.
- Brinda a los usuarios seguridad, rapidez y confort.
- Permite acceder a servicios como salud, educación y otros como los mercados

### **Plan de Conservación Vial.**

Instituciones como la Dirección General de caminos, son los que realizan un plan de conservación vial, con el objetivo de ejecutar operaciones necesarias para afrontar el deterioro que se produzcan en la carretera. Las operaciones principales que la DGC debe dar a conocer son las siguientes: (RODRÍGUEZ, 2011, pág. 23)

- Las tareas que se deberán ejecutar.
- El periodo oportuno para su intervención.
- Determinar los sitios donde se ejecutarán las actividades.
- Determinar la cantidad de trabajo a realizar.

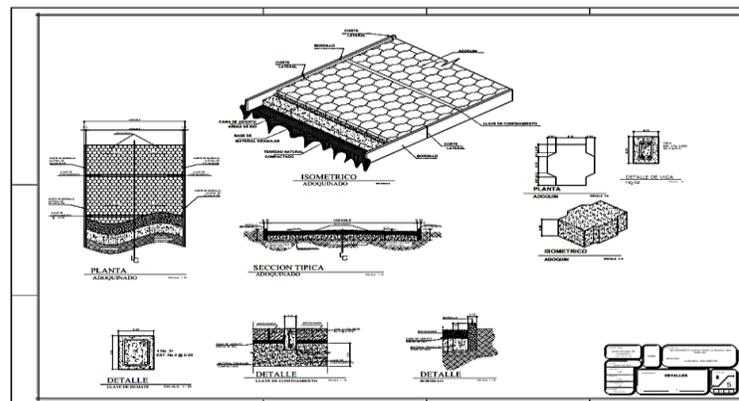
– La priorización de las actividades.

### **Importancia de los planos en la planificación de proyectos.**

Los planos arquitectónicos en obra civil es la presentación grafica de la obra a desarrollar dependiendo de las dimensiones y función de cada infraestructura la cantidad de planos será diferente, ya que permite a los ingenieros y arquitectos realizar bocetos del diseño y evaluar la factibilidad de las propuestas.

Cada plano reflejara de forma precisa todos los elementos, en lo que respecta a dimensiones, distribución estructural, y demás características fundamentales. Tantos las dimensiones como la distribución estructural, dependerá de la información que se lleve a cabo por un Ingeniero civil.

Figura No. 19 Aplicación de los planos en Ingeniería y Arquitectura.



Fuente: Diseño del camino rural adoquinado La Blanca, San Marcos.

### **Importancia del presupuesto en planificación**

Un presupuesto es primordial en cada obra civil ya que brinda a la organización un panorama financiero actualizado que facilite la toma de decisiones, además prepara a las empresas u organizaciones para afrontar los posibles cambios que puedan surgir en el tiempo de ejecución de la obra civil.

## **Mejoramiento de vías.**

### **Análisis de granulometría**

Se realiza mediante el tamizado de la muestra. Este permite conocer el tamaño de las diferentes partículas que componen el sedimento a analizar.

### **Análisis granulométrico AASHTO T-88 (ASTM D422)**

Se lleva a cabo con el propósito de analizar cuantitativamente la división de las distintas partículas, refiriéndose al tamaño con las que cuenta el suelo analizado.

El análisis granulométrico tiene como objetivo, especificar la proporción de las partículas que forman el suelo, así mismo, establecer el porcentaje que se presenten en relación al tamaño.

El procedimiento se lleva a cabo mediante una escala de tamices, analizando tamaños grandes y medianos con un diámetro mayor de 0.074 mm. El análisis se lleva a cabo con una muestra integra o una fracción de la misma después limpiarla, ya que algunos finos cuentan principalmente con arcilla.

Tabla N. 20 Análisis Granulométrico AASHTO T-88 (ASTM D422)

<b>El Tamaño de la muestra puede variar según el tipo de suelo:</b>	
Suelo de grano fino	100 a 200 gr
suelo arenoso	200 a 500 gr
suelo gravoso	1 a 3 kg

Fuente: Elaboración propia

El análisis granulométrico se realiza con el fin de saber el tipo de suelo, con el cual se está tratando para realizar la correcta estructura vial. el tamaño de la muestra puede variar según el tipo de suelo y también la ubicación en donde se tomará.

El procedimiento utilizado con la muestra íntegra consiste en:

Una vez teniendo la muestra, debe pesarse sin darle una limpieza, después se continúa con la limpieza, se seca en el horno, luego se continúa con el peso después enfriada la muestra, después se llevará a cabo la utilización de tamices calculando el más grueso entre 3/4" en la parte superior, a continuación, usar el más fino No 200 en la parte inferior, colocando un fondo metálico al final. Una vez realizados los anteriores, se agrega el material seco agitándolo de forma mecánica o manual en el tamiz seleccionado, pesar el material retenido en cada tamiz en forma acumulada. Anotar los pesos que se obtengan en el registro de cálculos.

Los cálculos se deben realizar de la siguiente manera:

-el peso se divide de los fragmentos del suelo conservado en el tamiz más grueso de 3/4" entre el peso seco de la muestra estudiada, después se llega a la obtención del porcentaje que se mantiene en la malla.

-se repite el proceso dividiendo cada peso retenido acumulado entre el peso total,

-se determinan los porcentajes acumulativos del material que ha pasado por cada malla, restando de 100 el porcentaje retenido en dicha malla.

Una vez realizados los procedimientos establecidos, en un papel semilogarítmico se traza la curva granulométrica. Los porcentajes obtenidos en los distintos tamices que se usaron son añadidos en la escala aritmética vertical y en la escala logarítmica horizontal se apuntan los espacios de los tamices usados.

Los tamices que se lleguen a emplear para la obtención del tamaño de las partículas, serán de vital importancia para determinar si son gravas, arenas, limo o arcilla.

Tabla N. 21 Clasificación de suelos según tamaño de partículas

<b>Tipo de Material</b>	<b>Tamaño de las partículas</b>
Grava	75mm- 4.75mm
Arena	Arena Gruesa 4.75mm-2.00mm
	Arena Media 2.00mm-0.425mm
	Arena Fina 0.425mm-0.075mm
<b>Material Fino</b>	
Limo	0.075mm-0.005mm
Arcilla	menor a 0.005mm

Fuente: Elaboración propia

### **Límite Líquido AASHTO T-89 (ASTM D-423)**

El límite líquido es la cantidad representada en humedad que pueda mantener un suelo sin atravesar del estado plástico al líquido.

El suelo plástico puede darse a conocer en un límite líquido por el contenido de humedad en el suelo, debido a que cuenta con una solidez al corte de 2.5 gramos por centímetro cuadrado.

### **Límite Plástico AASHTO T-90 (ASTM D-424)**

Es la consistencia distinta entre el límite líquido y el límite plástico indicando el grado de contenido de humedad que posee un suelo para estar en un estado plástico antes de pasar al estado líquido.

El suelo plástico posee una mínima cantidad de humedad, en cambio si existiera una cantidad máxima de humedad no se contaría con un suelo estable para una obra gris.

### **Contenido de humedad (ASTM D-2216)**

Es un valor que define la cantidad de agua que posee una parte del suelo. Existe una relación entre el peso del agua y el peso seco, dando la posibilidad de analizar el comportamiento que tendrá al momento de servir de soporte para una infraestructura.

Al contar con un porcentaje elevado de contenido de humedad, se debe tomar en cuenta que el suelo a tratar será muy delicado ya que su resistencia no será la indicada para la utilización de equipo en la movilidad de la misma.

Al tener un contenido de humedad próximo a un límite plástico, el tipo de suelo será el indicado para la ejecución de obras grises.

## **Compactación**

### **Compactación o Proctor modificado**

Es un proceso que se lleva a cabo al aplicar un esfuerzo, con el propósito de desplazar el aire que se encuentra entre la porosidad de los granos del suelo. este procedimiento tiene el objetivo de mejorar las propiedades, aumentar la resistencia y capacidad de carga puestos que será utilizado como base en el proyecto de infraestructura vial.

### **Teoría de compactación**

El ensayo de compactación es un estudio el cual se lleva a cabo mediante cierta cantidad de agua, la cual es llamada humedad óptima, con el propósito de conseguir una adecuada compactación. La cantidad adecuada de agua será dada por un laboratorio, con el propósito de obtener una densidad idónea para una compactación correcta. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

### **Curva de compactación**

La curva de compactación representa la humedad óptima que debe obtener el suelo para la compactación, el análisis se ejecuta para conseguir ciertos valores que serán colocados en una gráfica trazadas a través de ordenadas y abscisas. Los datos serán de gran importancia para analizar el tipo de suelo, que se utilizara para la construcción de una infraestructura vial. la curva de compactación brinda la información necesaria para saber el tipo de suelo que se encuentra en la obra. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

- las ordenadas representan diferentes valores de pesos volumétricos (densidades) expresados en lb/pie<sup>3</sup> o kg/m<sup>3</sup>.

-las abscisas representan los porcentajes de humedad

“La gráfica obtenida con cinco puntos por lo menos, se asemeja a una parábola abierta hacia abajo y (ordenada) a su humedad óptima respectiva (abscisa)”. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

### **Humedad óptima**

Se obtiene a través del método dinámico de Proctor, el cual se lleva a cabo por medio de golpes de pistón (martillo o mazo) ejecutándose con las indicaciones idóneas en las normas decretadas. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

### **Relación soporte California (C.B.R.)**

La capacidad soporte o valor soporte del suelo es una característica que da a conocer la resistencia a la penetración o el desplazamiento lateral al momento de emplear alguna carga, así mismo la resistencia al corte. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

Para calcular la capacidad soporte del suelo se emplea el ensayo llamado California Bearing Ratio (C.B.R) o Razón Soporte California. Es importante usar este tipo de ensayo en los proyectos de infraestructura vial debido a que están sometidos a cargas distintas. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

El ensayo C.B.R se emplea con el propósito de comparar la resistencia del suelo bajo las condiciones de humedad y densidad que llegaran a presentarse en la infraestructura. Los resultados se expresan como un porcentaje del esfuerzo requerido para introducir un pistón a determinada medida para obtener una muestra que brinde los resultados precisos. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

Formula C.B.R:

$$C. B. R = \frac{\text{Resistencia a la penetracion en el suelo ensayado}}{\text{Resistencia a la penetracion en material patron}} * 100$$

“Se toma el material patrón de compactación, la piedra triturada bien graduada, cuyo C.B.R. es el 100%”. (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

“Los valores estándar de resistencia para el material patrón de acuerdo a su penetración son”: (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

Tabla N. 22 Valores estándar de resistencia para el material

Penetración		Resistencia	
plg	cm	Lb/plg2	kg/m2
0.1	0.254	1,000	70
0.2	0.508	1,500	105
0.3	0.762	1,900	133
0.4	1.016	2,300	161
0.5	1.27	2,600	182

Fuente: Lorenzo Joel Ramos Soberanis, 2003.

Generalmente son los más utilizados

Los resultados que presente el C.B.R darán a conocer el grado de capacidad de soporte del suelo, indicando si es válido para las etapas del pavimento adoquinado. Los porcentajes a continuación indican el C.B.R a desear en el suelo: (SOBERANIS, 2003, pág. 31)

El ensayo C.B.R. se lleva a cabo para evaluar la calidad relativa del suelo para la capa sub – rasante, sub – base y base. Este ensayo es más utilizado para analizar el tipo de suelo en donde se realizarán las estructuras de pavimento de adoquín. Este método puede llevarse a cabo tanto en campo como en un laboratorio, en los cuales se solicita

3 ensayos, para determinar la densidad, humedad, propiedades expansivas del material y la resistencia a la penetración. (CABRALES, 2019, pág. 10)

Tabla N. 23 Valores C.B.R

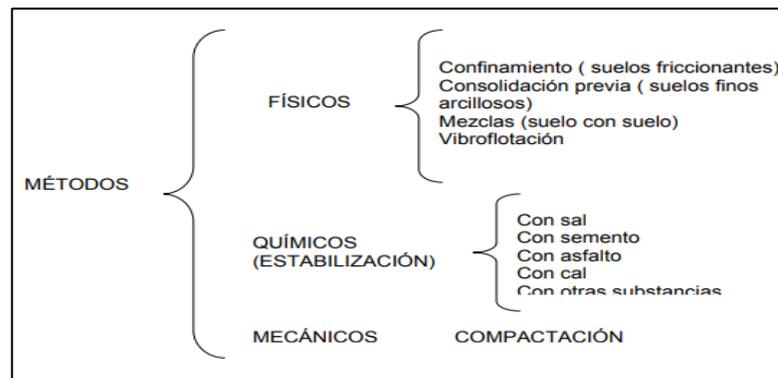
C.B. R	Suelo apto para:
0% - 10%	Sub-rasantes malas
10% - 20%	Sub-rasantes regulares a buenas
20% - 30%	Sub-rasantes muy malas
30% - 60%	Sub-bases buenas
60% - 80%	Bases de grava
80% - 100%	Bases de piedra y grava triturada

Fuente: Lorenzo Joel Ramos Soberanis, 2003.

### Resistencia de los suelos mediante estabilizadores

Un suelo es orgánico debido a que contiene residuos de origen animal o vegetal, estando en diferentes etapas de descomposición acumulados dentro del perfil del suelo y en la superficie. Un suelo se ve afectado por estos residuos especialmente en la resistencia, ya que al momento de compactar algunos no retiran estos residuos. Estos residuos generan pequeños poros en el suelo los cuales afectan en la compactación ya que producen burbujas de aire que se harán presentes después de la compactación (DUARTE, 2013, pág. 14)

Figura No. 20 Métodos de mejoramiento de suelos.



Fuente: Alfonso Rico Rodríguez. (1992). Consideraciones sobre compactación de suelos en obras de infraestructura de transporte

Tanto la materia orgánica como la inorgánica, son elementos que llegan afectar el suelo, ya que la descomposición produce espacios entre las partículas de suelo, en donde el aire y el agua pueden retenerse o estar en movimiento.

Al no retirar estos residuos orgánicos en el momento de compactar el suelo, la resistencia obtenida en ese momento será durante un corto periodo de tiempo, ya que los residuos al momento de degradarse dejaran espacios que afectaran más adelante a la infraestructura vial.

La compactación del suelo con mayor intensidad no favorece en absoluto la resistencia del suelo ya que la durabilidad será igual debido a que no son retirados los residuos orgánicos. (DUARTE, 2013, pág. 14)

### **Drenajes**

La tarea de los drenajes radica en la movilidad del agua o la humedad que se encuentre en la carpeta de rodadura así mismo en los laterales de la vía. Es importante la eliminación del líquido ya que puede ser perjudicial, de esta forma se logra una mayor durabilidad y un buen funcionamiento. La influencia del agua en la infraestructura vial afecta su estabilidad de distintas formas: (PROAÑO, 2006, pág. 26)

- “Al saturarse un suelo que antes estaba parcialmente saturado, se pierde la tensión superficial existente en el interior de la masa, la cual le proporcionaba una cohesión aparente”. (DUARTE, 2013, pág. 14)

- “El peso de la masa del suelo aumenta al crecer su humedad”. (DUARTE, 2013, pág. 14)

- “El flujo de agua puede disolver algunos cementantes que pudieran existir dentro del suelo. Esta, por ejemplo, es la causa de la poca durabilidad de una estabilización con sal”. (DUARTE, 2013, pág. 14)

- “El flujo de agua en la masa del suelo produce elevación del nivel piezómetro, lo que trae como resultado aumento de las presiones neutras y la consecuente disminución de la resistencia al corte”. (DUARTE, 2013, pág. 14)

Una vez conocidos los efectos que podría ocasionar el agua en una carretera, es cuestión de criterio de cada ingeniero, el aplicar una alternativa que conlleve simplemente conservar el agua a determinada distancia de la carretera, algo que no es correcto para una carretera ya que implica una mayor inversión, a diferencia de diseñar una estructura adecuada con drenajes que permita trasladar el agua mediante gravedad haciendo posible eliminarla sin daño a la estructura. (DUARTE, 2013, pág. 14)

### **Reparación de vehículos.**

#### **Acción del medio sobre la carretera.**

La acción del medio sobre la carretera tiene varias manifestaciones que los ingenieros deberán tomar en consideración permanentemente, ya que contribuye en gran proporción a ser la causa de los deterioros que sufrirá la carretera.

#### **Características del territorio**

La fisiografía, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de canteras de materiales o de recursos acuíferos para los proyectos en el territorio, son factores que imponen condiciones a las características del proyecto.

#### **Clima**

El clima tiene una enorme importancia debido a que puede significar altas o muy bajas temperaturas y variaciones estacionales o en cortos periodos. También la magnitud de las precipitaciones de lluvias o la falta de ellas, tienen impactos distintos sobre los requerimientos de los proyectos.

La capa de rodadura es la principal base, que afecta el clima, razón por la cual deben tomarse en cuenta ciertas medidas que brinden mayor protección y durabilidad.

### **Accesibilidad a otros servicios y facilidades públicas**

uno de los beneficios que el caserío será beneficiado es la accesibilidad a otros servicios y facilidades públicas, así mismo obras de construcción que sean importantes y llamen la atención de individuos de otras comunidades cercanas.

### **Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)**

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

COGUANOR es una entidad anexada al Ministerio de Economía, su principal tarea es proveer soporte técnico a los sectores público y privado a través de la acción de normalización.

COGUANOR, debido a desarrollo de actividad productiva de bienes y servicios en el país, ha conformado las normas internacionales.

### **Objeto**

Esta guía establece características de los materiales y recomendaciones para instalación, mantenimiento y reparación de pavimentos de adoquín prefabricado de concreto

### **Documentos Citados**

-NTG 41007. Agregados para concreto. Especificaciones. (ASTM C33).

-NTG 41095. Cementos hidráulicos. Especificaciones por desempeño. (ASTM C1157).

-NTG 41047. Aditivos químicos para concreto. (ASTM C494).

-NTG 41086. Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones. (ASTM C 1602). 979 / C979 M)

-NTG 41087 h1. Métodos de ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto

-NTG 41087 h2. Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto. (EN 1338: 2003, anexos G y H).

NSE AGIES. Normas de Seguridad Estructural (NSE)

### **NTG 41007. Agregados para concreto. Especificaciones. (ASTM C33).**

Esta norma detalla los requisitos para la granulometría y calidad de los agregados finos y gruesos de densidad normal (distintos del agregado liviano o pesado) para ser empleados en el concreto. (DÍAZ, 2010, pág. 2)

Este tipo de norma se toma en cuenta para garantizar materiales de buena calidad para la mayoría de los concretos. (DÍAZ, 2010, pág. 2)

El encargado de obra debe investigar si se cuenta con agregados que especifiquen en la norma, con el objetivo de reducir costos en la movilidad del material, tanto la granulometría y las propiedades físicas o químicas deben ser tomados en cuenta para contar con un concreto idóneo para la construcción. (DÍAZ, 2010, pág. 2)

### **Agregado Fino**

#### **Características Generales**

Uno de los principales agregados usados en la realización de caminos adoquinados proviene de manera natural, de arena manufacturada, algunas rocas trituradas o la combinación de lo mencionado.

Los agregados finos deben estar libres de impurezas orgánicas y que al mismo tiempo generen un color oscuro, para evitar que se rechace la prueba del material.

## Granulometría

### Análisis Granulométrico

En la tabla siguiente se observa la graduación en el cual deben estar los agregados finos, de esta manera se aplica el tamaño correcto y al mismo tiempo se considera el módulo de finura de dichas partículas. La norma NTP – 400 012 define el análisis como un estudio de la forma tamaño en las que se encuentra dispersado las partículas de un agregado. (BURGA, 202, pág. 18)

Tabla N. 24 Análisis Granulométrico (Esp. ASTM-E11)

Tamiz (Esp. ASTM-E11)	Porcentaje que pasa	
	Arena (Natural)	Arena (Manufacturada)
9.5 mm a 3/8"	100	100
4.75 mm (N. 4)	95 a 100	95 a 100
2.36 mm a (N. 8)	80 a 100	80 a 95
1.18 mm a (N. 16)	50 a 85	45 a 95
600 Bm a N. 30	25 a 60	25 a 75
300 Bm a N. 50	5 a 30	10 a 35
150 Bm a N. 100	0 a 10	8 a 20

Fuente: Caracterización física y mecánica del agregado del banco la Isla del municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz. Otto Javier Sarg Rodríguez

Tabla N. 25 Clasificación del agregado fino por su módulo de finura.

Tipo de Arena	Módulo de finura
Gruesa	2.90 - 3.20 gramos
Media	2.20 - 2.90 gramos
fina	1.50 - 2.20 gramos
Muy fina	1.50 gramos

Fuente: Gaitán Orozco, Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país

### Sustancia Perjudicial para el agregado fino

En la tabla siguiente se ve reflejado el límite aceptable de sustancias perjudiciales presentes en los agregados finos. Las sustancias más notables y que posiblemente se vean, son el polvo, terrones, materia orgánica u otras sustancias. (. (BURGA, 202, pág. 11)

Tabla N. 26 Clasificación del agregado fino por su módulo de finura.

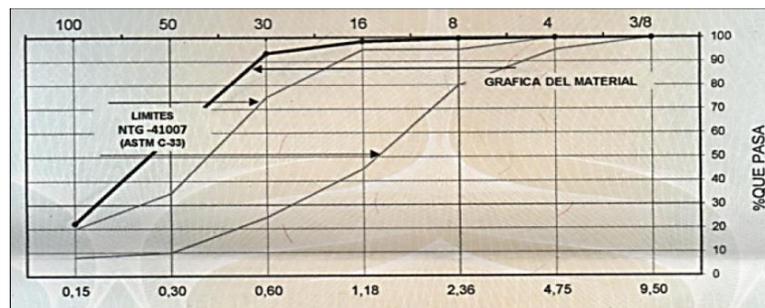
Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra (%)
Arcilla y partículas disgregables	3
Material más fino que el tamiz 200 (75 $\mu\text{m}$ ): concreto sujeto a la abrasión cualquier otro concreto.	3.0 - 5.0
carbón y carbón mineral: cuando la apariencia del concreto es de importancia cualquier otro concreto	0.5 - 1.0

Fuente: ASTM, Vol.004-03. Pág. 11

### Graduación del Agregado Fino

En la gráfica de granulometría, de la figura, se observa que la graduación del agregado no cumple con la especificación de la norma. Debido que la gráfica del material se encuentra fuera de los límites estipulados por la norma.

Figura No. 21 Granulometría de agregado fino



Fuente: grafica de agregado fino

En la tabla se muestra el porcentaje que pasa en cada tamiz, la Norma NTG 41007, establece que el porcentaje máximo que puede pasar en cualquier tamiz es de 45 %. En el análisis el más alto es de 36,20 % del tamiz # 0,15, y significa que sí cumple.

Tabla N. 25 Porcentaje que pasa en los tamices (Agregado fino)

Tamiz #	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
% que pasa	100	100	99.6	98.4	93.4	58.7	22.2

Fuente: elaboración propia, datos del informe de análisis completo de agregado fino.

El módulo de finura, debe encontrarse entre 2,30 y 3,10. El resultado obtenido del análisis es de 1,28, por lo que el agregado no cumple con las especificaciones de la norma

Figura No. 22 Tamizado de la muestra agregado fino.



Fuente: Sección de agregados, concretos y morteros.

El porcentaje de vacíos debe estar entre 40 % y 50 %, el agregado al dar un 39 %, esto indica una cantidad menor de pasta de cemento para llenar los vacíos.

Figura N. 23 Ensayo de peso unitario agregado fino



Fuente: Sección de agregados, concretos y morteros.

La norma específica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz # 200 no debe ser mayor al 7 %. En el ejemplo el porcentaje es de 5,8 %, con este resultado sí cumple con la norma.

## Agregado Grueso

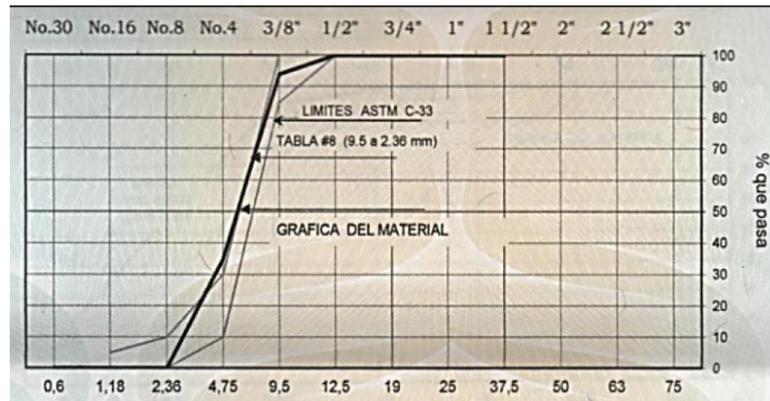
### Características Generales

Es un material que consiste en grava triturada, piedra triturada o concreto de cemento hidráulico triturado o una mezcla de ellos. La cantidad a usar en la construcción dependerá de las especificaciones, del ingeniero civil o encargado de la obra.

### Graduación del Agregado Grueso

En la gráfica de granulometría de la figura N. 23, se observa que la graduación del agregado cumple en su mayoría, solo en el tamiz No.4 la gráfica sale de los límites que especifica la norma.

Figura No. 24 Granulometría de agregado grueso



Fuente: grafica granulometría de agregado grueso

En la figura N. 26 se muestra el porcentaje que pasa en cada tamiz, esto indica que el tamaño máximo nominal del agregado es de 3/8". El tamaño máximo nominal se encuentra buscando el rango de 5 % a 15 % en el porcentaje retenido. El porcentaje retenido en el tamiz 3/8" es de 6 % y el No. 4 es de 65 %.

Tabla N. 26 Porcentaje que pasa en los tamices (Agregado Grueso)

Tamiz #	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 8	No 16
% que pasa	100	100	100	100	94	35	0	0

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del informe de análisis completo de agregado grueso.

Figura No. 25 Ensayo de tamizado agregado grueso.



Fuente: Sección de agregados, concretos y morteros, CII, USAC

Para agregado grueso la norma específica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz # 200 no debe ser mayor al 1 %. En el ejemplo, el porcentaje es de 1,70 %, esto quiere decir que el agregado contiene material muy fino de lo permitido.

Figura No. 26 Ensayo de tamiz 200 para agregado grueso.



Fuente: Sección de agregados, concretos y morteros, CII, USAC.

La norma establece los límites del peso específico para agrados gruesos entre 2,40 y 2,90, en el ejemplo de ensayo se obtuvo 2,67, por lo que sí cumple el parámetro. Al momento de contar con porcentaje de absorción de agregado entre el 0.90%, esto dará

a conocer que el agregado absorberá poca agua. Por lo tanto, el porcentaje para el agregado grueso debe estar entre el 2% y el 4%.

El agregado grueso para concreto debe contar con un porcentaje de desgaste máximo admisible para una resistencia a la abrasión debe ser del 50%, ahora el porcentaje de la muestra manifestado en el ejemplo es del 34%, dando a entender que el material es óptimo para su uso en el concreto.

### **NTG 41095. Cementos hidráulicos. Especificaciones por desempeño. (ASTM C1157).**

Esta norma (ASTM C1157, Especificaciones por desempeño), menciona seis tipos de cemento a los cuales se les añade componentes minerales permitiendo optimizar las propiedades de resistencia y durabilidad, los tipos de cemento mencionados se dan a continuación: (LÓPEZ, 2015, pág. 18)

#### **Tipos de cemento hidráulico por desempeño**

La norma ASTM C-1157-09 define los tipos de cementos hidráulicos por desempeño mencionados a continuación: (LÓPEZ, 2015, pág. 18)

- Tipo GU: uso general
- Tipo HE: alta resistencia inicial
- Tipo MS: moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS: alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: moderado calor de hidratación
- Tipo LH: bajo calor de hidratación

El cemento hidráulico se consigue al combinarse dos tipos de materiales finos, con el fin de sustituir gran parte del Clinker (elementos naturales o artificiales), que poseen propiedades hidráulicas, para obtener un material reactivo. (GODOY, 2006, pág. 9)

**Tipo UG**

Cemento hidráulico el cual es de uso general debió a la utilización en obras pequeñas, medianas o grandes, en donde se requieren distintos cementos con propiedades especiales.

**Tipo AR**

Cemento de alta resistencia inicial usado para obras especiales de concreto simple, reforzado y pree forzado de endurecimiento rápido y altas resistencias iniciales. Así mismo para la prefabricación liviana y de elementos estructurales igualmente cuando se requiere desencofrado y desmoldado rápido.

**Tipo DLR**

Cemento lento en relación al desarrollo de resistencia. Empleado para estabilización de suelos, para concreto compactado a través de rodillos (CCR), para pavimentos y presas.

**Tipo MRS**

Cemento usado en concretos que entran en contacto con el agua y terrenos que contienen sulfato, concretos en aguas marinas o en ambientes marinos. Expuesto a concentración moderada de sulfatos de calcio, sodio y magnesio ya que cuenta con Ponderada resistencia a sulfatos.

**Tipo ARS**

Resistencia alta a sulfatos, usado en concretos que entran en contacto en agua y terrenos que cuentan con sulfato, concreto en aguas marinas o en ambientes marinos y concreto expuesto a concentración alta de sulfato de calcio, sodio y magnesio.

Estos tipos de cemento son empleados en construcciones de concreto, en donde no son necesarias las propiedades específicas de otros tipos. (GODOY, 2006, pág. 9)

#### **2.10.9.6 Tipo MCH**

Cemento ponderado en calor de hidratación, en obras de concreto masivo que recibe ciertas fuentes de retracciones por variación térmica y peligro de fisuración en presas, estribos, cimentaciones, muros gruesos y extensas losas.

#### **Tipo BCH**

Cemento reducido en calor de hidratación, se aplica cuando es necesario que el concreto produzca poco calor a partir de la hidratación del cemento ya que se aplica en presas de concreto, bases de grandes dimensiones y diferentes obras abundantes.

#### **2.10.10 NTG 41047. Aditivos químicos para concreto. (ASTM C494)**

Existen metodologías de aplicación para los aditivos que se usan en la estabilización. Se cuenta con una aplicación (superficial) que implica rociar superficialmente después de haber sido conformada la superficie, así mismo una aplicación mezclada in situ, en donde se mezcla el aditivo con el concreto mezclado utilizando equipo especial.

#### **Tipo I (Plastificante)**

Aditivo químico que se añade al concreto, proporcionándole mayor fluidez sin incorporar agua adicional, este tipo de aditivo no retarda el fraguado del mismo. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

#### **Tipo II (Plastificante y retardador)**

Aditivo químico que se añade al concreto proporcionándole mayor fluidez sin incorporar agua adicional, este tipo de aditivo retarda el fraguado del mismo. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

#### **Efecto de los Aditivos en el Concreto**

Al momento de añadirle determinado aditivo al concreto fresco, conlleva a obtener una trabajabilidad favorable sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, evita en

gran parte la pérdida de asentamiento, modifica la velocidad y el volumen de exudación. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

### **Propiedades y Ventajas**

En la elaboración de cemento, se emplea algunas proporciones de puzolanas eficientes, los cuales producen una variación en el comportamiento del resultado final a diferencia de los cementos Pórtland tradicionales, los cuales liberan gran cantidad de hidróxido cálcico, las posibles reacciones de modo expansivo y el modo exotérmico de las reacciones de hidratación. (GODOY, 2006, pág. 15)

### **Ventajas**

El cemento mezclado ocasiona un menor calor de hidratación, pero algunos afirman que la preparación impide los procesos de transporte, almacenaje, dosificación y molienda, igualmente el producto final presenta un fraguado retrasado y al mismo tiempo una variación tanto física como química. (GODOY, 2006, pág. 15)

### **Cohesión y manejabilidad del tipo de Cemento**

Las características más importantes para proporcionar una correcta cohesión y manejabilidad en el concreto, se debe al tipo de cemento en relación a su finura y la forma granulométrica de los agregados. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

Una vez que se agrega un aditivo a la mezcla de concreto se logra la propiedad de favorecer a los agregados y pasta de cemento logren mantenerse en suspensión, de esta manera se impide la disgregación de los materiales y proporciona mayor manejabilidad del concreto. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

### **Pérdida de revenimiento**

El revenimiento no es más que una medida de la consistencia con la que cuenta el concreto para ser trabajable en la obra. Al momento de añadir determinado aditivo las

propiedades físicas son alteradas haciendo lo posible de mantener una consistencia correcta durante el proceso de construcción evitando una pérdida gradual importante. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

### **Asentamiento y exudación**

La exudación es un proceso que llega a tener el concreto debido al asentamiento de los materiales, reflejando cierta cantidad de agua de la mezcla en la superficie del elemento de hormigón. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

Al momento de manifestarse cierta cantidad de agua sobre la superficie del concreto, cierta parte del concreto se crea una masa dándole menor resistencia y durabilidad es por ello que la mayor parte de ingenieros o maestros de obra optan por añadirles aditivos con el objetivo de lograr una mezcla más homogénea en todo el elemento. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

### **Tiempo de fraguado**

Es una de las etapas en las cuales el cemento y los agregados combinados empiezan a obtener una rigidez, así mismo se producen reacciones químicas que dan a conocer la pérdida de fluidez a la vista del ingeniero. Una vez brindado el tiempo de fraguado el concreto empieza a obtener una resistencia mecánica. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

### **Efectos en el concreto endurecido**

#### **Resistencias mecánicas**

la resistencia mecánica del concreto ocurre al momento de añadirle el cemento de mejor calidad, debido a que existen diferentes tipos de cemento los cuales el contenido de silicatos es diferente, brindándole al concreto una resistencia mayor o menor en sus características, fineza y composición del hormigón. Esta propiedad define la resistencia que tendrá que soportar el concreto una vez endurecido, no podrá deformarse ni agrietarse de forma permanente. (ARRIAGA, 2017, pág. 11)

## **Aspectos Generales Del Municipio.**

### **Aspectos Históricos y Culturales**

“El municipio de San José El Rodeo fue fundado el 12 de marzo de 1834. Se indica que su nombre se debe a que en el centro del pueblo lo que hoy es la cabecera municipal o casco urbano hubo una frondosa ceiba que daba sombra en muchos metros a la redonda, esta sombra era aprovechada por los viajeros que constantemente iban de paso por el municipio”. (RUBIO, 2010, pág. 29)

“En años anteriores era paso obligado para darles pasto y descanso a los animales traídos desde el altiplano marquense para ser comercializados en la costa Sur”. (RUBIO, 2010, pág. 29)

“Alrededor de la ceiba había un corral en donde los animales eran ingresados y por lo que todas las personas le llamaban el rodeo. Algunos de los mercaderes aprovechaban este lugar para descansar por las noches debido a su clima templado, era propicio para el descanso”. (RUBIO, 2010, pág. 29)

“Fue así como todos los pobladores le conocieron con ese nombre, 119 años después la población pensó en buscarle un Santo Patrón al lugar y de acuerdo a sus creencias eligieron el nombre de San José, por lo que desde 1953 la Dirección General de Estadística lo reconoce con el nombre de “San José El Rodeo” siendo su nombre geográfico normalizado “El Rodeo””. (RUBIO, 2010, pág. 29)

### **Ubicación**

El Municipio se encuentra ubicado al Suroeste de la cabecera Municipal, colinda en dirección al norte con el Municipio de San Pablo, al Este con el Municipio de San Rafael Pié de La Cuesta, El Tumbador y Pajapita, al Oeste con el Municipio de Catarina y Malacatan. El municipio se encuentra a 700 msnm. Con Latitud de 14° 54' 50”, y una longitud de 91° 58' 50”. (RUBIO, 2010, pág. 30)

### **Vías de Comunicación**

Una de las principales vías de comunicación, es la carretera CA-2 con una longitud de 298 kms, en dirección a la capital, la carretera RN-1 conformada de asfalto con longitud de 49 kms, a la cabecera departamental de san Marcos. (RUBIO, 2010, pág. 31)

El caso urbano del Municipio de San José El Rodeo, existe, diferentes tipos de carreteras con dimensiones y materiales distintos (adoquín, asfalto, concreto, piedra y terracería). (RUBIO, 2010, pág. 31)

También se pueden observar en el municipio veredas y caminos vecinales de terracería, los cuales son útiles para comunicar a los poblados vecinos. (RUBIO, 2010, pág. 31)

### **Medios de Comunicación**

La movilidad de las personas u bienes muebles se debe al principal medio de transporte de buses extraurbanos, los cuales se dirigen a la cabecera departamental como también hacia la ciudad capital, en dirección al occidente (la capital San Marcos), o también por la Costa Sur (la capital – Pajapita y/o Malacatán), igualmente se cuenta con transporte directo a la ciudad capital desde el municipio. (RUBIO, 2010, pág. 31)

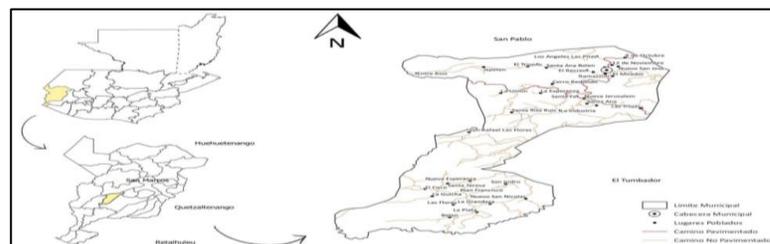
### **Aspectos Físicos.**

El municipio de San José El Rodeo se localiza en la región de la boca costa del departamento de San Marcos, la cabecera municipal se localiza a una distancia de 36 kilómetros de la cabecera departamental y a 288 kilómetros de la ciudad capital por la carretera RN1 pasando por la cabecera departamental y a 286 Kilómetros por la carretera interamericana CA-2 cruzando por el municipio de Pajapita, luego la entrada del municipio de El Tumbador.

Limita al Norte con el municipio de San Pablo, al Sur con El Tumbador y Pajapita, al Este con San Rafael Pie de la Cuesta y El Tumbador y al Oeste con Catarina, todos municipios del departamento San Marcos.

Los límites del municipio generados por el Instituto Geográfico Nacional -IGN- comparados con los límites reconocidos por el Concejo Municipal y mesa PDM OT tienen una ligera diferencia, los límites del INE no abarcan algunas partes del territorio y dejan fuera algunos poblados, mientras que el límite reconocido por la municipalidad si abarca lo que compete al territorio municipal.

Figura No. 27 Ubicación Geográfica del Municipio de San José El Rodeo, San Marcos.



Fuente: Información cartográfica IGN y Municipalidad San José El Rodeo.

## Demografía

“La población total del municipio de San José El Rodeo en el año 1994 era de 12,326 personas y para el año 2002 de 14,125 personas, según datos de los censos poblacionales del instituto Nacional de Estadística -INE-, proyectándose para el año 2010 una población de 16,454 personas, con una tasa anual de crecimiento del 1.72%”. (CHÁVEZ, 2011, pág. 16)

“Bajo el supuesto aceptado por el INE de que el promedio de miembros por hogar es de cinco personas, el total de hogares para el año 1994 y 2002 era de 2,465 y 2,825 respectivamente, para el año 2010 se estiman 3,291 hogares”. (CHÁVEZ, 2011, pág. 16)

Cuadro No. 2 Población Urbana y rural por sexo, indígenas y no indígenas año 2002 y proyecciones al año 2010. San José El Rodeo, San Marcos.

	Total	Hombres	Mujeres	Proyecciones año 2010		
				Total	Hombres	Mujeres
Urbana	14,125	6,985	7,140	16,454	7,927	8,527
Rural	63,155	31,025	32,130	74,044	35,672	38,372
Totales	77,280	38,010	39,270	90,498	43,599	46,899
%	100	49.52	50.81	100	48.17	51.82

Fuente: Guatemala, INE, Censos 2002. Población, habitaciones y proyecciones 2010.

### **Población Económicamente Activa**

La población que el INE le otorga a esta variable para el año 1994 y 2002 es la siguiente:

“Es el conjunto de personas de siete años y más de edad que durante el periodo de referencia censal ejercieron una ocupación o lo buscaban activamente. La población Económicamente activa -PEA- la integran los ocupados (trabajaron y no trabajaron, pero tienen trabajo) y los desocupados (buscaron trabajo, pero trabajaron antes y los que buscaron trabajo por primera vez). De acuerdo a los datos X censo de población del año 1994, el 91% de hombres y el 9% de mujeres forman parte de la PEA”. (CHÁVEZ, 2011, pág. 18)

Cuadro No. 4 Población económicamente activa del Municipio.

Descripción	1994		2002		2010	
	Habitantes	%	Habitantes	%	Habitantes	%
P.E.A. Por Genero						
Hombres	2,675	91	2,949	81	3,391	81
Mujeres	274	9	675	19	776	19
Total	2,949	100	3,624	100	4,167	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos del X censo Nacional de población y V de Habitación 1994 y XI Censo Nacional de Población y V de Habitación, Proyección 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas INE.

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

Se identificaron 2 (1 o 2 de acuerdo al análisis respectivo) poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (pobladores del caserío Las Trojas) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo para censos y encuestas (encuesta o muestra) por medio de la población finita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error.

La segunda población de estudio (técnicos de la Dirección Municipal de Planificación e Integrantes del COCODE en el caserío Las Trojas del Municipio San José El Rodeo, San Marcos) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder el efecto, se trabajó con 61 pobladores; para responder la causa, se identificaron a 7 técnicos de la Dirección Municipal de Planificación e integrantes del COCODE en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo.

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

Los resultados de la encuesta fueron tabulados y representados por medio de cuadros y gráficas. Posteriormente, se exponen los resultados conseguidos, con los que se comprueba la variable dependiente (Y) y la variable independiente (X).

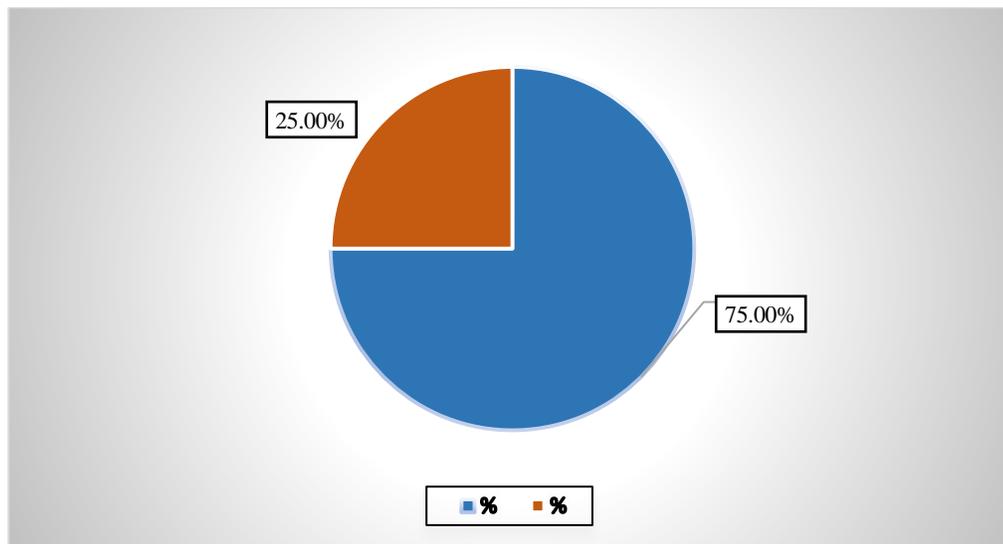
### 3.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto)

**Cuadro 5: Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	46	75
No	15	25
TOTAL	61	100

Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

**Gráfica 1: Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

#### **Análisis**

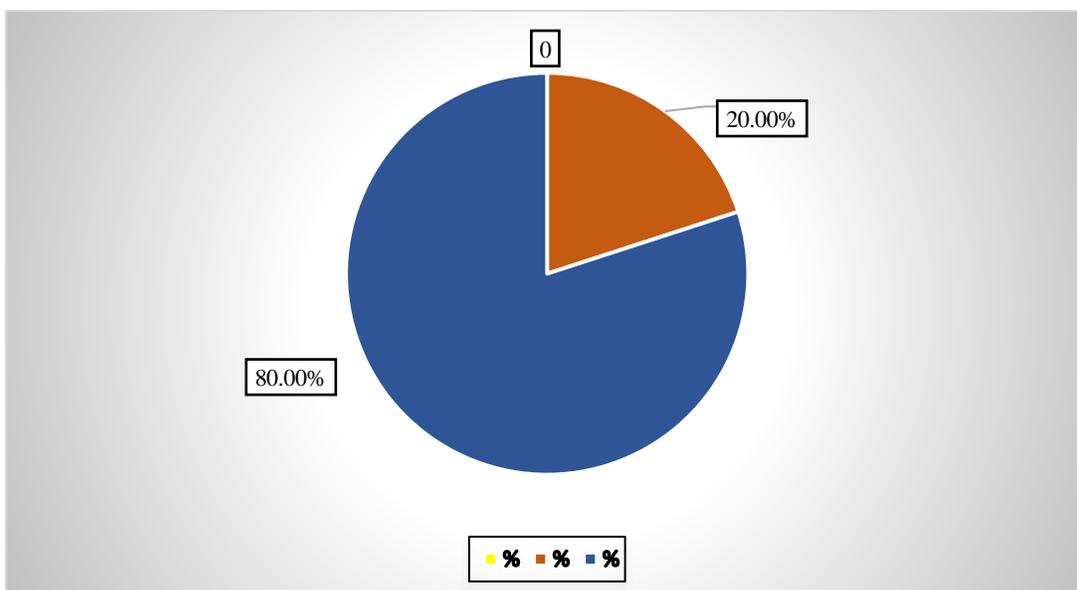
El efecto se comprueba gracias a la opinión de los pobladores que representan 3/4 de la totalidad, indican que, si existe incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

**Cuadro 6: Tiempo en el cual existe incremento en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 3 años	0	0
3 – 5 años	12	20
Más de 5 años	49	80
TOTAL	61	100

Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

**Gráfica 2: Tiempo en el cual existe incremento en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**



Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

### Análisis

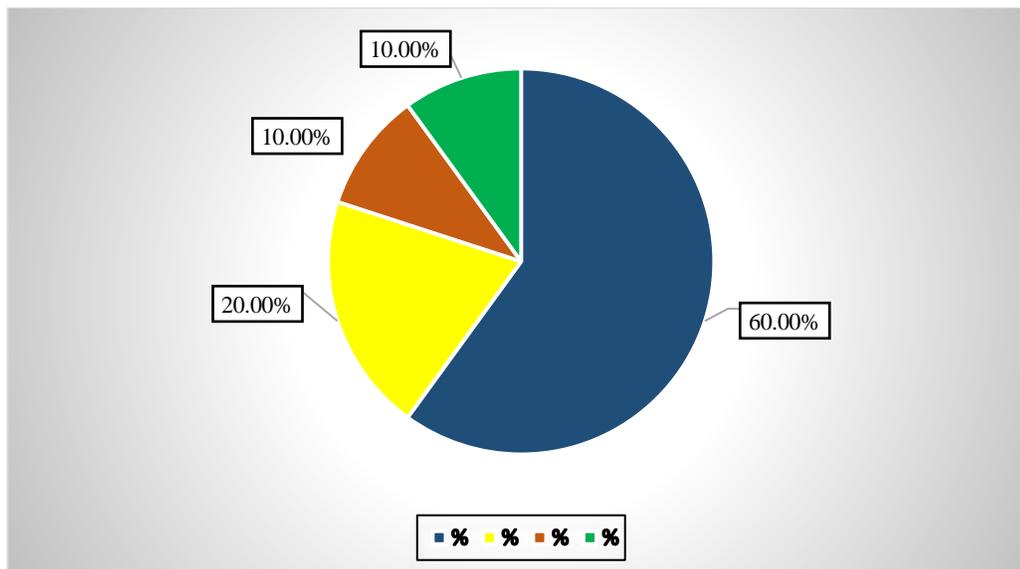
El efecto se comprueba gracias a la opinión de los pobladores, pasado de 4/5 opinan que, el incremento en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, se encuentra desde hace más de 5 años. Mientras que un 1/5 de esa parte de los pobladores indica que esto ocurre desde hace 3-5 años.

**Cuadro 7: Reducir gastos en quetzales, de la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 20 Q	6	10
20 – 40 Q	6	10
40 – 60 Q	12	20
Mas de 60 Q	37	60
TOTAL	61	100

Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

**Grafica 3: Reducir gastos en quetzales, de la reparación de vehículo en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**



Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

### Análisis

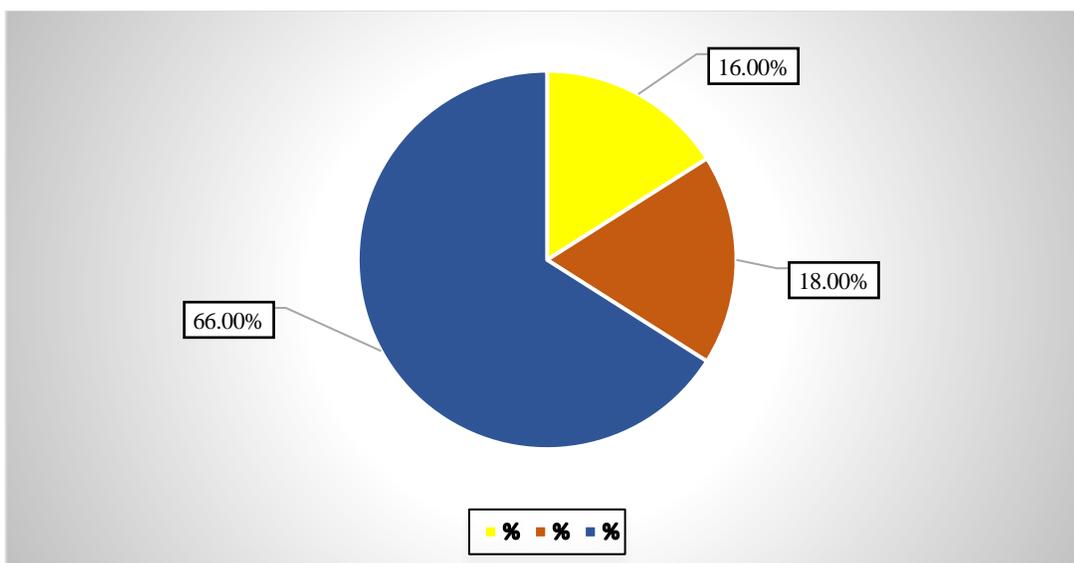
El efecto se comprueba gracias a la opinión de los pobladores, 3/5 indican que, los gastos en reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, se incrementan notablemente.

**Cuadro 8: Notable causa, en el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Mantenimiento inapropiado	10	16
Falta de asesoría técnica	11	18
Escorrentía y socavación	40	66
TOTAL	61	100

Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

**Gráfica 4: Notable causa en el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**



Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

### **Análisis**

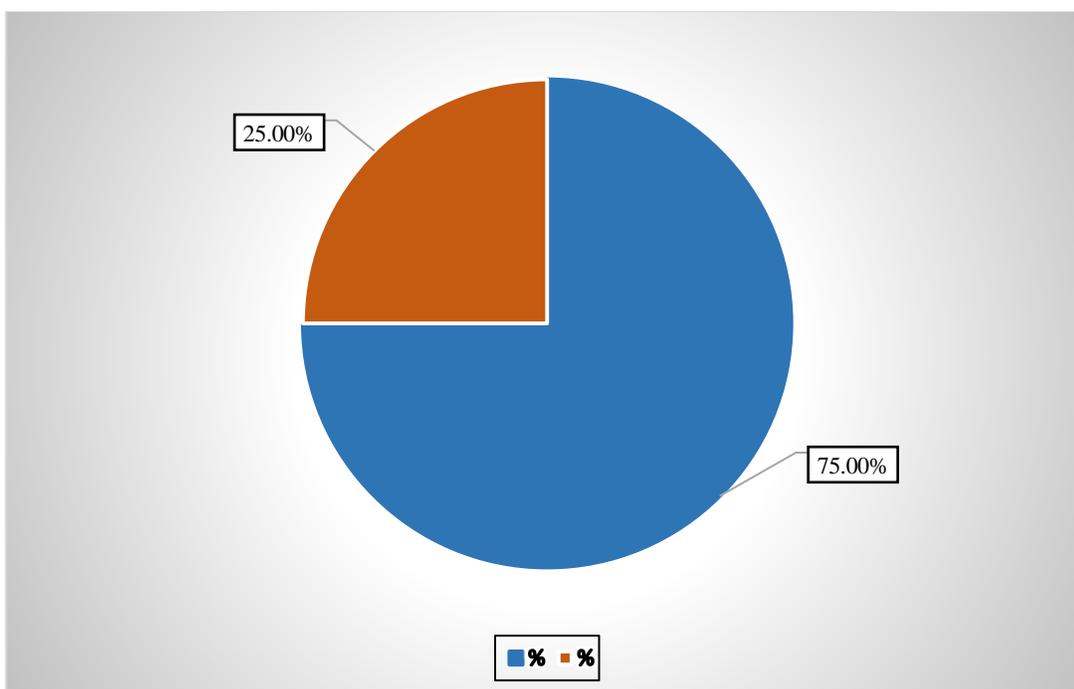
El efecto se comprueba gracias a la opinión de los pobladores, 2/3 indican que el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, se debe a la notable causa de escorrentía y socavación.

**Cuadro 9: Efectos negativos que se provocan por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	46	75
No	15	25
TOTAL	61	100

Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

**Gráfica 5: Efectos negativos que se provocan por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.**



Fuente: Pobladores encuestados, junio 2022

### **Análisis**

Se confirma mediante la opinión de los pobladores, 3/4 indican que, la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, provocan efectos negativos.

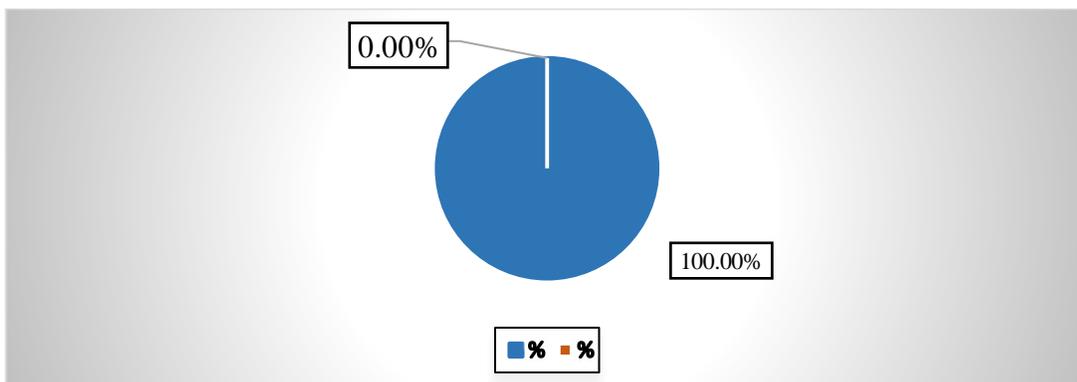
### 3.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente X (causa).

**Cuadro 10: Conocimiento sobre propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	7	100
TOTAL	7	100

Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

**Gráfico 6: Conocimiento sobre un diseño y planificación de mejoramiento de camino adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

#### **Análisis**

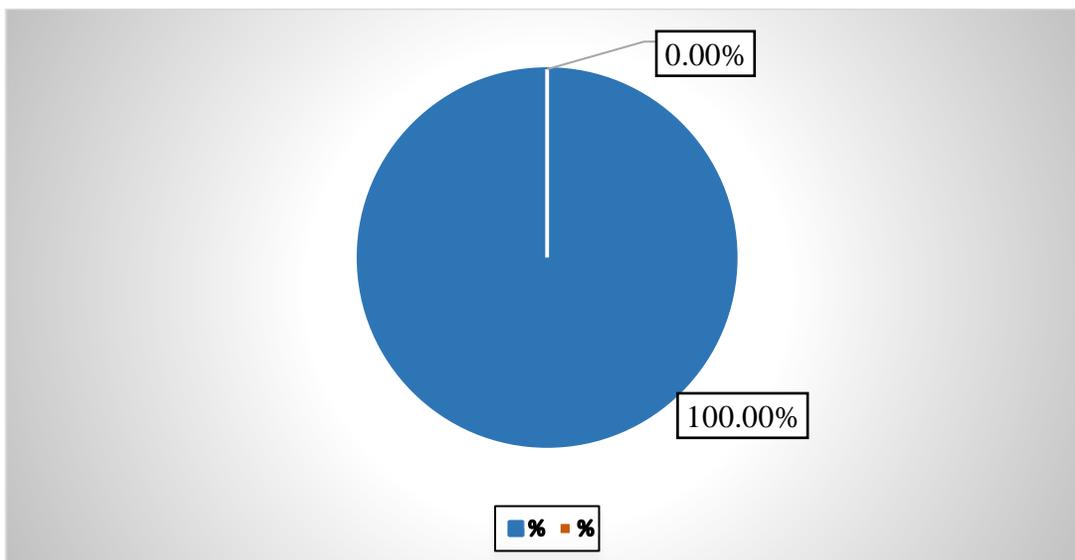
La causa se confirma mediante la opinión de los técnicos y miembros del COCODE en su totalidad al indicar que, no existe conocimiento de un diseño y planificación de mejoramiento de camino adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.

**Cuadro 11: Necesidad de implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	7	100
No	0	0
TOTAL	7	100

Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

**Gráfica 7: Necesidad de implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

### **Análisis**

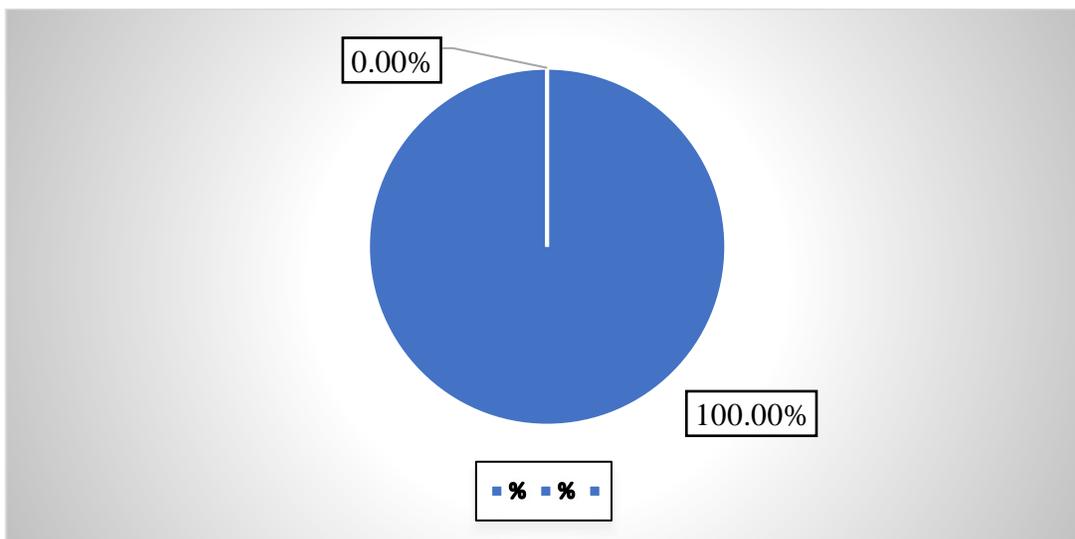
Se confirma mediante la opinión de los técnicos y miembros del COCODE en su totalidad al indicar que, si es necesario implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas.

**Cuadro 12: Beneficio positivo para la población al implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	7	100
No	0	0
TOTAL	7	100

Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

**Gráfica 8: Beneficio positivo para la población al implementar una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

### **Análisis**

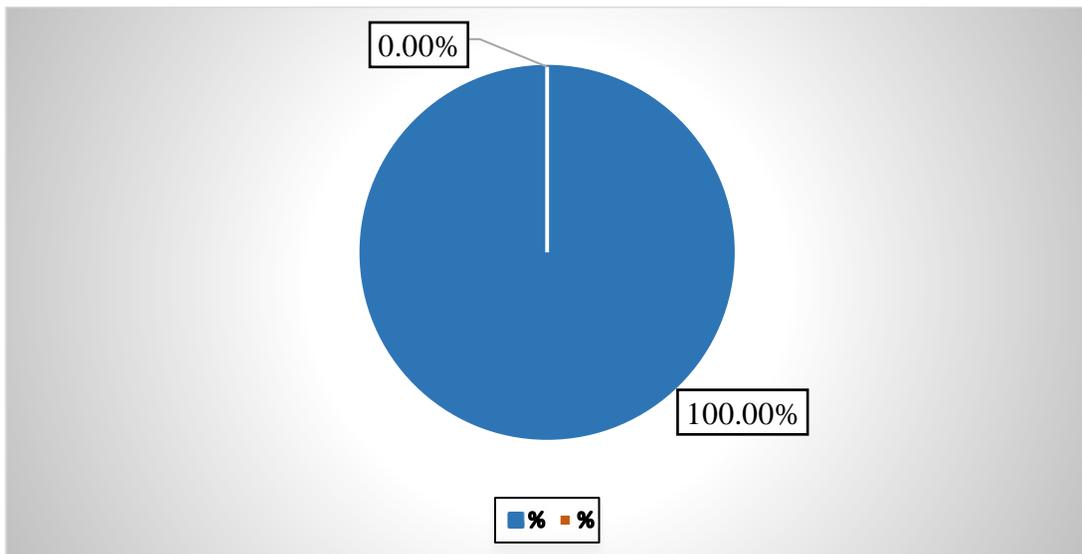
Se confirma mediante la opinión de técnicos y miembros del COCODE en su totalidad al indicar que, la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, beneficiaría a la comunidad.

**Cuadro 13: Desarrollo de proyectos al implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	7	100
No	0	0
TOTAL	7	100

Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

**Gráfica 9: Desarrollo de proyectos al implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

### **Análisis**

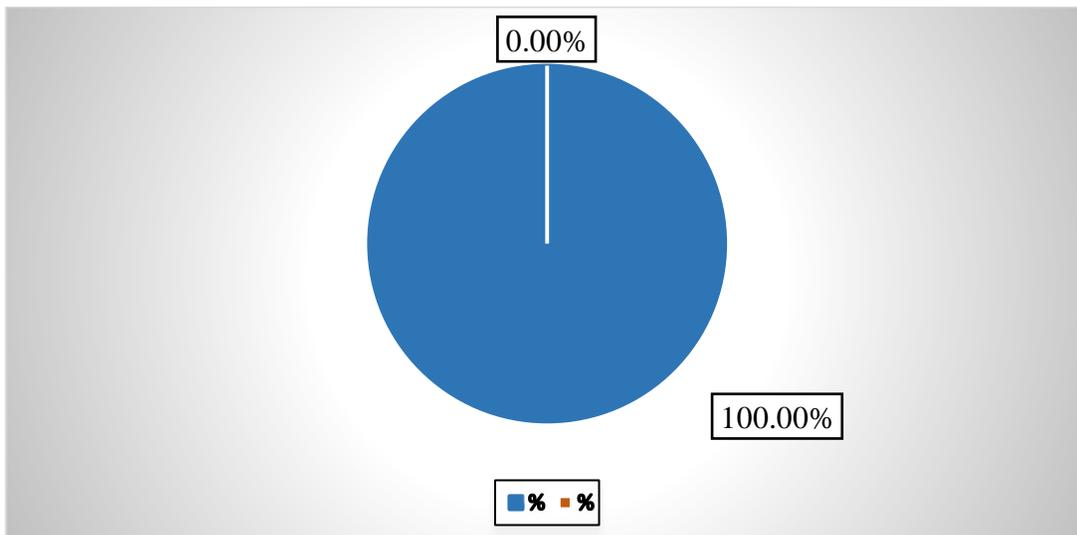
Se confirma mediante la opinión de los técnicos y miembros del COCODE en su totalidad al indicar que, la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, ayuda al desarrollo de proyectos en la comunidad.

**Cuadro 14: Apoyo a implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	7	100
No	0	0
TOTAL	7	100

Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

**Gráfica 10: Apoyo a implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Fuente: Técnicos y miembros del COCODE encuestados, junio 2022

### **Análisis**

Se confirma mediante la opinión de los técnicos y miembros del COCODE en su totalidad al indicar que, si se apoyaría la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **IV. 1 Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis: El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado.
2. Se tienen incrementos de gastos en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.
3. Desde hace más de 5 años existe incremento en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
4. Es necesario implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
5. Existe falta de conocimiento sobre una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
6. Inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
7. Existen efectos negativos que se provocan, por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.
8. No existe desarrollo comunitario notable debido a la falta de implementación de proyectos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

### **IV. 2 Recomendaciones**

1. Implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

2. Reducir gastos en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.
3. Reducir en años siguientes el incremento de gastos en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
4. Solventar la necesidad de implementar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
5. Dar a conocer la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
6. Existencia de la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo.
7. Reducir los efectos negativos que se provocan, por la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.
8. Aumentar el desarrollo comunitario al realizar la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. FRANCISCO FABIÁN ALEMÁN GARCÍA (2016); “Evaluación del Diseño de pavimentos con adoquines de concreto en las parroquias pertenecientes a la administración zonal Quitumbe en el sur de Quito. casos de estudio: calles pertenecientes a las parroquias Chillogallo y la Ecuatoriana.”
2. JACOBO QUAN HIDALGO (2005); “Diseño de drenaje pluvial de las colonias Robles I y II y Adoquinamiento de la Colonia Robles I, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.”
3. CÉSAR ALEJANDRO MORALES FOLGAR (2013); “Análisis comparativo del pavimento: empedrado y adoquinado de caminos rurales y su comportamiento ante tráfico pesado en el tramo Momostenango-Santa Lucía La Reforma, Totonicapán Guatemala.”
4. LORENZO JOEL RAMOS SOBERANIS (2003); “Diseño de pavimento de adoquín y línea de conducción de agua potable para el Cantón La Caridad, San Vicente Pacaya Guatemala.”
5. RONY CHOJOLÁN DUARTE (2001); “Metodología para estabilización de suelos, en tramos carreteros, a través de la Composición de distintos tipos de suelos, cumpliendo con las especificaciones generales de Carreteras y Puentes.”
6. LUIS ROBERTO MORALES AGUILAR (2012); “Diseño y planificación de pavimento con adoquín para el cantón Chuanoj, Municipio de Totonicapán, departamento de Totonicapán.”
7. RODRIGO BAHAMONDES (2013); “Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón.”
8. JORGE ANTONIO TÉLLEZ GARCÍA (2003); “La Resistencia a la compresión de los Adoquines de Concreto.”
9. MARÍA ELBA MATAMOROS ROSALES (2015); “Diseño de adoquinado de 2,476. 50 m<sup>2</sup> de calles en el barrio Rigoberto López Pérez, en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua.”

10. CARLOS ARTURO DÍAZ BOLAÑOS (2008); “Diseño de red de drenaje de aguas negras de Colonias Robles I y II y Adoquina miento de colonia robles II, San Juan Sacatepéquez, Guatemala”.
11. KENIA DEL SOCORRO ÁVILA LÓPEZ (2015); “Diseño de 1.5 km de pavimento articulado, por el método AASHTO 93, del tramo de carretera las Sabanas – el Cipián, en el municipio de las Sabanas, Departamento de Madriz”.
12. DIPSON GONZALO SALAZAR LLERENA (2014); “Las condiciones de las Vías urbanas de la parroquia Benítez, Cantón Pelileo, Provincia Tungurahua, y su incidencia en el desarrollo agrícola y ganadero del sector”.
13. RENÉ ALEXANDER RODRÍGUEZ GONZÁLEZ (2011); “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punin, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo”.
14. LUDWING BENJAMIN LÓPEZ MANRIQUE (2015); “Determinación de características físicas y propiedades mecánicas de un suelo areno limoso estabilizado con cemento tipo UG y cemento ARI.”
15. JENIFER GABRIELA ARRIAGA ZÚÑIGA (2017); “Clasificación de aditivo reductor de agua de alto rango para mezclas de concreto de acuerdo a Coguanor NTG 41070”.
16. BLANCA LAURA BARRERA GUERRERO (2010); “Estudio Topográfico para la Actualización de Cotas de la Red de Bancos de Nivel de la Ciudad de México”.
17. SERGIO AROLDI LÓPEZ DÍAZ (2010); “Uso de polvo de llanta como agregado fino en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines.”
18. JOSÉ JORGE ROMÁN GARCÍA (2018); “Análisis de calidad, especificaciones y Características del Adoquín, de acuerdo a norma Coguanor NTG41086 producido por la empresa grupo Forte, S.A”.
19. MARÍA ALEXANDRA CORREA VÁSQUEZ (2019); “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del Jirón Los Incas de Piura”.

20. INGRID LISBETH RUBIO MENDOZA (2010); “Municipalidad de San José El Rodeo, San Marcos.”
21. ALLAN RENAND HERNÁNDEZ GUEVARA (2010); “Diseño Geométrico de la carretera para libramiento del Municipio de Palencia, Departamento de Guatemala.”
22. OSCAR RODRIGO GODOY FERNÁNDEZ (2006); “Desarrollo y Aplicación de los cementos Mezclados Hidráulicos.”
23. DAGOBERTO CABRALES CONTRERAS (2019); “Ecuación de Correlación entre P.D.C y C.B.R para arcillas blandas de la ciudad de Bogotá, D.C.”
24. MARÍA ALEJANDRA ZULEMA PÉREZ RAMIREZ (2015); “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Xetuj Bajo y Diseño de la carretera hacia el cantón Candelaria, Quetzaltenango, Quetzaltenango.”

## ANEXOS

### Anexos 1: Modelo de Investigación Dominó

F-30-07-2019-01

### *Modelo de investigación: Dominó*

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

**Elaborado por: Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 18/02/2023**

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</p> <p>Indicadores: Al primer año de la implementación de la Propuesta de diseño y planificación, se reduce gastos en la reparación de vehículos debido al adoquinado en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p>	<p>En un 90%.</p> <p>Verificadores: Registros y avance de la unidad ejecutora, entrevista a los habitantes, fotografías.</p> <p>Supuestos: -Apoyo de parte de la DMP para reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. También se implementa el programa de sensibilización y capacitación a los involucrados en el proceso.</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente</p> <p>Inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con</p>	<p>6) Nombre</p> <p>PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: Al primer año de la propuesta de diseño y planificación, se disminuye el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera</p>

<p>adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p>		<p>Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, en un 90%.</p>
<p>7) Hipótesis</p> <p>El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado.</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>R1: Creación de la unidad ejecutora, Dirección Municipal de Planificación (DMP) del Municipio San José El Rodeo, San Marcos.</p> <p>R2: Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p> <p>R3: Programa de sensibilización y capacitación a los involucrados.</p>	<p>Verificadores: Libreta de campo de Dirección Municipal de Planificación, fotografías, Registros y avance de la unidad ejecutora, entrevista a los habitantes.</p> <p>Supuestos: la Dirección Municipal de Planificación y la Municipalidad actualizan el proceso e implementan mejoras cada año.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a. ¿Existe bajo Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos? Sí_____ No_____</p> <p>b. ¿Desde hace cuánto tiempo existe bajo incremento en gastos en la reparación de</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p style="text-align: center;">N/A</p>	

<p>vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos?  0 a 2 años____ 3 a 4 años____ 5 años o más____</p>	
<p>c. ¿Considera que el bajo incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos se debe a las condiciones inadecuadas por el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto?  Sí____ No____</p>	
<p>Será dirigida a los 327 pobladores del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.  Boletas61, población finita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a. ¿Existe propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de</p>	

San José El Rodeo,  
San Marcos.

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

- b. ¿Considera necesario la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío las trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

- c. ¿Apoyaría la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

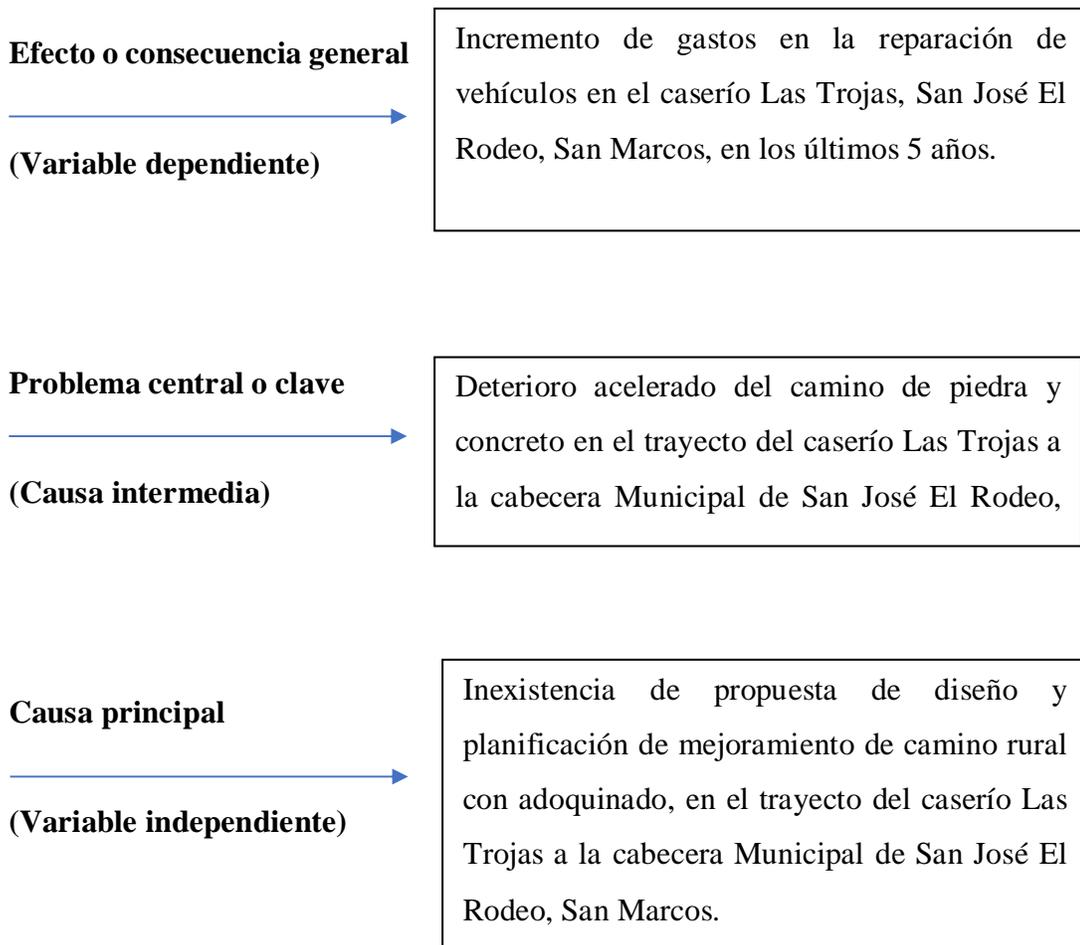
Dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de planificación e integrantes del COCODE en caserío Las Trojas, San José El Rodeo.

Boletas 7, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

<p>10)Temas del Marco Teórico</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adoquinado.</li> <li>2. Clase de Adoquines.</li> <li>3. Deterioro acelerado.</li> <li>4. Incremento de Gastos.</li> <li>5. Movilidad inadecuada de vehículos.</li> <li>6. Propuesta de Diseño.</li> <li>7. Planificación.</li> <li>8. Mejoramiento de vías.</li> <li>9. Reparación de vehículos.</li> <li>10. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).</li> </ol>	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <p>Los resultados deben tener por lo menos cuatro actividades.</p> <p>Forma de presentar resultados :</p> <p>R1: Creación de la unidad ejecutora del Municipio de San José El Rodeo, San Marcos.</p> <p>A1 An</p> <p>R2: Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.</p> <p>A1 An</p> <p>R3: Programa de sensibilización y capacitación a los involucrados.</p> <p>A1 An</p>																
<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>	<table border="1" data-bbox="499 704 1871 922"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>No. de árbol aprobado</th> <th>Carné</th> <th>Nombre de estudiante</th> <th>Carrera</th> <th>Sede</th> <th>Celular</th> <th>Correo electrónico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>13-082-0029</td> <td>Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez.</td> <td>Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.</td> <td>010 San Marcos.</td> <td>36307752</td> <td>130820029@urural.edu.gt</td> </tr> </tbody> </table>	No.	No. de árbol aprobado	Carné	Nombre de estudiante	Carrera	Sede	Celular	Correo electrónico			13-082-0029	Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez.	Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.	010 San Marcos.	36307752	130820029@urural.edu.gt
No.	No. de árbol aprobado	Carné	Nombre de estudiante	Carrera	Sede	Celular	Correo electrónico										
		13-082-0029	Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez.	Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.	010 San Marcos.	36307752	130820029@urural.edu.gt										

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

**Tópico:** Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto



### **Hipótesis causal:**

“El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado.”

**Hipótesis interrogativa:**

¿Será que el incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, ¿se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado?

**Árbol de objetivos**

**Fin u objeto general**



Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

**Objetivo específico**



Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

**Medio de solución**

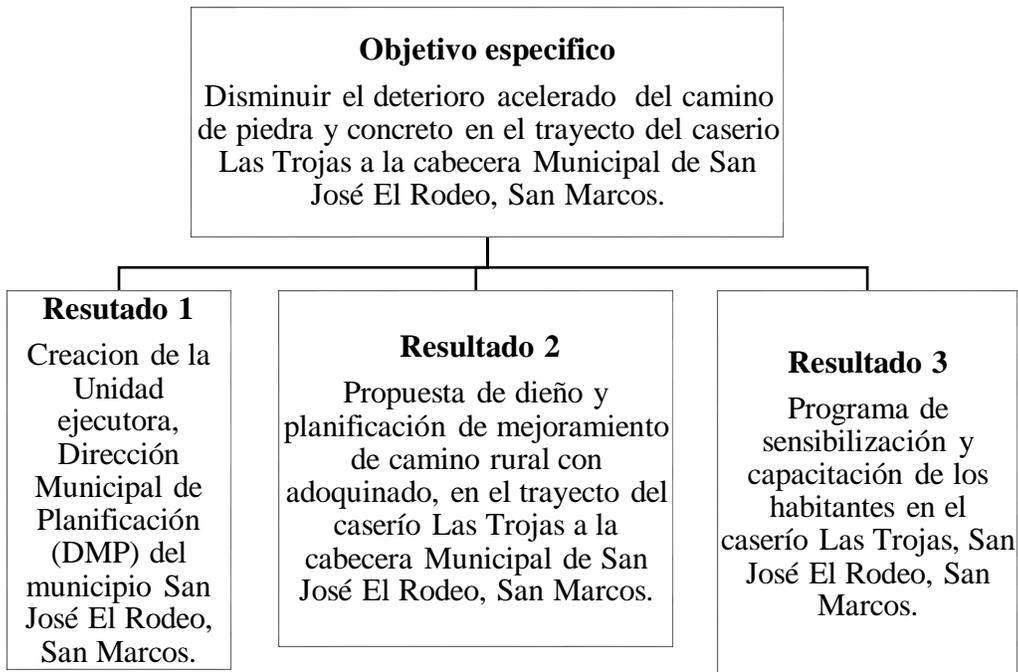


PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.

**Título de tesis:** Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

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

La presente propuesta está elaborada con el fin de lograr los objetivos planteados al principio del trabajo de investigación, está integrado de la siguiente manera:



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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años.”**.

Esta boleta está dirigida a los pobladores del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos”; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% 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 usted que el incremento de gastos en la reparación de vehículos ha disminuido en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo?

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

2. ¿Desde hace cuánto tiempo usted ha notado incremento en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo?

2.1 0 - 2 años\_\_\_\_\_

2.2 2 - 6 años\_\_\_\_\_

2.3 Más de 6 años\_\_\_\_\_

3. ¿En cuántos quetzales se ha reducido la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo?
- 3.1. 1-20 Q\_\_\_\_\_
  - 3.2. 20-40 Q\_\_\_\_\_
  - 3.3. 40-60 Q\_\_\_\_\_
  - 3.4. Más de 60 Q\_\_\_\_\_
4. ¿Cuál es la causa que considera notable, en el incremento de reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo?
- 4.1. Mantenimiento inapropiado\_\_\_\_\_
  - 4.2. Falta de asesoría técnica\_\_\_\_\_
  - 4.3. Escorrentía y socavación\_\_\_\_\_
5. ¿Considera usted que existen efectos negativos en la reparación de vehículos en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo?
- Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

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

**Anexos 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación

Variable independiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos”.**

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación e integrantes del COCODE en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error 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. ¿Conoce si existe Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos?

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

2. ¿Considera usted que es necesario implementar una propuesta de de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos?

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

3. ¿Considera usted que una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos podría beneficiar a la población?

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

4. ¿Considera usted que una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos ayuda al desarrollo de proyectos de dicha población?

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

5. ¿Apoyaría usted la implementación de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos?

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

Observaciones:

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

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

Para confirmar o rechazar la hipótesis planteada y obtener información genuina, se calculó el tamaño de la muestra según el método de la población finita cualitativa, que representa a la población a analizar según los datos recabados por medio de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y miembros del COCODE del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, departamento de San Marcos, del deterioro acelerado que afecta a la población. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

### **Población Finita Cualitativa**

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa de 327 pobladores de los cuales se obtuvo 61 personas para la muestra a encuestar

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane:

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

Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z <sup>2</sup> =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
1-p	0.5	
e =	0.1	
e <sup>2</sup> =	0.01	
Z <sup>2</sup> p (1-p)		
=	0.6765063	
<b>n =</b>	<b>67.650625</b>	<b>Muestra</b>

<b>N =</b>	<b>327</b>	<b>Población total</b>
Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z <sup>2</sup> =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
q =	0.5	
d =	0.095	error de muestreo
d <sup>2</sup> =	0.009025	
NZ <sup>2</sup> pq =	221.2175438	
Nd <sup>2</sup> =	2.951175	
Z <sup>2</sup> pq =	0.67650625	
Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq		
=	3.62768125	
<b>n =</b>	<b>61</b>	<b>Muestra</b>

**En donde:**

n= Tamaño de la muestra

N= Familias damnificadas.

d= Margen de error (los más utilizados 5% y 1%). La precisión el 100% -d;

p= Probabilidad de éxito

q= probabilidad de fracaso (p+q=1)

z= Valor tabla del NC (95%= 1.96, 99%= 2.57)

## Anexo 7: Anexo metodológico Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

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

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2018 a 2022); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Incremento de gastos en la reparación de vehículos”.

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

Año	X (años)	Y (Quetzales de Gastos en la reparación de vehículos )	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2018	1	15	15.00	1	225.00
2019	2	23	46.00	4	529.00
2020	3	30	90.00	9	900.00
2021	4	45	180.00	16	2025.00
2022	5	65	325.00	25	4225.00
Totales	15	178	656.00	55	7904.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	656
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	7904.00
$\sum Y=$	178
$n\sum XY=$	3280
$\sum X*\sum Y=$	2670
Numerador=	610

Fórmula:

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

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	39520.00
$(\sum Y)^2=$	31684.00
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	7836
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * ($	391800.00
Denominador:	625.9392942
r=	0.974535399

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.974$  se encuentra dentro del rango establecido, se identifica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

**Anexo 8: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.**

$y = a + bx$

Año	X (años)	Y (Quetzales de Gastos en la reparación de vehículos)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2018	1	15	15	1	225.00
2019	2	23	46	4	529.00
2020	3	30	90	9	900.00
2021	4	45	180	16	2025.00
2022	5	65	325	25	4225.00
Totales	15	178	656	55	7904.00

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	656
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	7904.00
$\sum Y =$	178
$n \sum XY =$	3280
$\sum X * \sum Y =$	2670
Numerador de b	610
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	12.2
Numerador de a:	
$\sum Y =$	178
$b * \sum X =$	183
Numerador de a:	
a:	-5
a=	-1

Fórmulas:

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

Fórmulas:

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

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	-1	+	12.2	X
Y(2023)=	-1	+	12.2	6
Y(2023)=	72.2			
Y(2023)=	Q72.2 Gastos en la reparación de vehículos			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	-1	+	12.2	X
Y(2024)=	-1	+	12.2	7
Y(2024)=	84.4			
Y(2024)=	Q84.40 Gastos en la reparacion de vehiculos			

Y(2025)=	a	+	(b * X)
Y(2025)=	-1	+	12.2 X
Y(2025)=	-1	+	12.2 8
Y(2025)=	96.6		
Y(2025)=	Q 96.60 Gastos en la reparación de vehículos		

Ecuación de la línea recta Y= a+(b*x)			
Y(2026)=	a	+	(b * X)
Y(2026)=	-1	+	12.2 X
Y(2026)=	-1	+	12.2 9
Y(2026)=	108.8		
Y(2026)=	Q 108.80 Gastos en la reparación de vehículos		

Ecuación de la línea recta Y= a+(b*x)			
Y(2027)=	a	+	(b * X)
Y(2027)=	-1	+	12.2 X
Y(2027)=	-1	+	12.2 10
Y(2027)=	121		
Y(2027)=	Q 121.00 Gastos en la reparación de vehículos		

### Proyección con proyecto

**Cuadro 15: Cálculo porcentual de la solución por año/resultado.**

Año	6	7	8	9	10	
	(2023)	(2024)	(2025)	(2026)	(2027)	
Resultado						
<b>Resultado 1 (Unidad ejecutora)</b>						<b>Solución</b>
Espacio físico	1%	1%	0%	3%	4.7%	
Material y equipo	1%	1%	0.80%	1%	1.5%	
Personal técnico	1%	0.50%	3%	2%	4%	
Recursos financieros	1%	1.5%	2%	4%	6%	
<b>Resultado 2 (Desarrollo del Plan)</b>						
Actividad 1	1%	0%	0%	3%	3%	
Actividad 2	1%	0%	2%	2%	3%	

Actividad 3	1%	2%	2%	2%	1%	
<b>Resultado 3 (Capacitación)</b>						
Convocatoria	2%	4%	3%	3%	3%	
Metodología	1%	2%	2%	1%	4%	
Temas	1%	2%	2%	3%	4%	
<b>Total</b>	<b>11%</b>	<b>14%</b>	<b>17%</b>	<b>24%</b>	<b>34%</b>	<b>100.00%</b>

**Cuadro 16: Estimación de la proyección con proyecto.**

Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje propuesto	Solución propuesta	Proyección con proyecto
6 (2023)	2021	72.2	11.00%	7.94	64
7 (2024)	2022	84.4	14.00%	9.00	55
8 (2025)	2023	96.6	17.00%	9.28	46
9(2026)	2024	108.8	24.00%	11.03	35
10 (2027)	2025	121	34.00%	11.95	23

**Cuadro 17: Comparativo sin y con proyecto**

Cuadro 3: Comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2023	72.2	64
2024	84.4	55
2025	96.6	46
2026	108.8	35
2027	121	23

**Gráfica 11: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.**



Análisis: Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la implementación de la propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Troja, San José El Rodeo, San Marcos. Para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

**Anexo 9. Imágenes de comprobación de hipótesis, encuesta a pobladores y técnicos de la dirección Municipal de Planificación (DMP) y miembros del COCODE del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**



Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez

TOMO II

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Asesor General:

Ing. Amb. Jorge Arturo Gordillo Reyes

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Presentado al honorable Tribunal Examinador por:

Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil, en el grado  
académico de Licenciado.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE  
CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO  
LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN  
MARCOS.



Rector de la Universidad: Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García.

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Luis Adolfo Martínez Díaz.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre 2023

Este documento fue presentado por Jeanner Gerardo Quiñonez Pérez, previo a obtener el título universitario en Licenciado en Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento a lo establecido por la universidad Rural de Guatemala se elaboró el trabajo denominado “Propuesta de Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío las Trojas a la Cabecera Municipal de San José el Rodeo, San Marcos”.

Previo a optar al título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar un estudio, para evaluar el problema que afecta dicho caserío el cual es el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto, así analizar la magnitud de la problemática identificada, las causas, efectos y la propuesta de solución a corto, mediano y largo plazo.

La propuesta tiene como finalidad disminuir el deterioro acelerado de camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío, para contribuir con la mejora de vida de las personas del área en estudio.

Fue identificado como problema central el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Para solventar la problemática identificada se toma como base de apoyo, técnicos de la Dirección Municipal de Planificación, miembros del COCODE y vecinos del área en estudio y se implementa un documento característico que incluya, elección de soluciones como fuente de apoyo para otros individuos, en la elaboración de proyectos de diseño y planificación de mejoramiento de caminos rurales, dando solución a problemas de carácter similar, apoyados con los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil.

## **Presentación**

De conformidad a los estatutos de la casa de estudios de la Universidad Rural de Guatemala, previo a optar por el título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura. Se presenta el trabajo denominado “Propuesta de Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío las Trojas a la Cabecera Municipal de San José el Rodeo, San Marcos”, el cual se presenta estructurado con la síntesis de la causa, efecto y la propuesta de solución de la problemática identificada.

La propuesta de estudio es un aporte que contribuye a mejorar la calidad de vida de la población y al mismo tiempo será un aporte comunitario a través del análisis de sus causas, efectos y probables soluciones presentados de manera conveniente, para ejecutar los requisitos académicos de la Universidad Rural de Guatemala, que Disminuirá el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío.

En el estudio se determinó que la comunidad del caserío Las Trojas cuenta con una Inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado. Lo que provoca el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto, teniendo como efecto el Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

Teniendo en cuenta la importancia de la investigación en el desarrollo de la comunidad y siendo ella la encargada de resolver el problema central el cual es el Deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos. Debido a la ya mencionada propuesta es de valor importante para el mejoramiento comunitario de dicho caserío

## **I. RESUMEN**

En este apartado se presentará de manera resumida el trabajo de graduación. El presente trabajo de graduación fue desarrollado respecto a los lineamientos de Universidad Rural de Guatemala, realizado en el Caserío Las Trojas, Municipio de San José El Rodeo, del departamento de San Marcos.

El desarrollo de estos resultados que acoplan al informe final de graduación, mismo que tiene como fin reforzar el servicio que presta esta unidad técnica que su propósito es mejorar la calidad de sus funciones. Así también a la vez tiene el objetivo de realizar una planificación de Ingeniería Civil sobre el camino rural con adoquinado y poder concientizar y realizar una capacitación a los pobladores de la comunidad para que tengan el conocimiento del funcionamiento y los beneficios que tiene un camino rural adoquinado.

Este informe se estructura de la siguiente manera:

### **Planteamiento del problema**

Existe un Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años.

El caserío se ve afectado con respecto a la movilidad de vehículos tanto del área en si, como el de diferentes lugares por el deterioro acelerado del camino debido a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado.

No existe en el caserío una vía idónea para la movilización de vehículos lo cual provoca el incremento de gastos que pueden incluso generar efectos negativos a los individuos de la comunidad.

Las instituciones gubernamentales aun no consideran ninguna estrategia o proyecto que disminuya la reparación de vehículos los cuales pueden llegar a interrumpir el desarrollo económico, entrega oportuna de bienes y servicios y una calidad de vida favorable para la población.

Debido a no contar con un camino adoquinado, el cual sirva para evitar el incremento de gastos en reparación de vehículos, se tendrán presentes en la comunidad dichos problemas.

La entrega oportuna de bienes y servicios, el desarrollo económico y la calidad de vida de los habitantes del caserío las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, pueden estar siendo afectados debido al deterioro acelerado del camino de piedra y concreto.

El principal problema de la población es el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto, según el resultado del estudio efectuado. El camino en deterioro altera la movilidad cómoda y segura de personas igualmente los bienes muebles.

### **Hipótesis**

Comprobar o rechazar la hipótesis: “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

¿Sera que el incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, ¿se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado?

## **Objetivos**

Los objetivos de la investigación ilustrados son los siguientes:

### **Objetivo General**

Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

### **Objetivo Especifico**

a) Comprobar o rechazar la hipótesis: “El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado”.

b) Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

### **Justificación**

Las situaciones problemáticas entre las que se encuentra desbordado este lugar han llevado a manifestar un proyecto que solucione plenamente la necesidad. En Guatemala no hay leyes o normas prácticas que den los lineamientos precisos para una planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión, adaptación a la variabilidad y al cambio climático, pero la tarea fundamental del estudiante de Ingeniería o del ingeniero es intervenir profesionalmente en esos aspectos cuando haya carencias y necesidades.

La propuesta establecida denominada diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Es justificada por los siguientes puntos:

Los habitantes del caserío tienen derechos y necesidades es por ello que deben contar con un camino en buenas condiciones para distintos fines: acceso a bienes y servicios, como salud y educación, proporcionar una mayor movilidad de personas, disminución en los costos de transporte, ayudar a promover un desarrollo económico y social, etc. Puesto que en este lugar no existe propuesta de una vía en buenas condiciones e idónea para llevarse a cabo fines ya mencionados, se plantea la creación del proyecto.

Al no concretarse el proyecto se estima que las dificultades se mantengan, la variable dependiente seguiría en aumento. El área de estudio no cuenta con una Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, por consiguiente, la problemática ocasiona un efecto negativo, de tal manera, se convierte en la justificación para llevar a cabo la propuesta de proyecto que dará solución al problema en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

### **Metodología**

Los métodos y técnicas a tratar, para la elaboración del presente trabajo de graduación, se dan a continuación: entre estos métodos y técnicas tenemos.

### **Métodos**

Los métodos utilizados fueron variando en relación a la hipótesis planteada así mismo la comprobación de la misma, de esta manera:

Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue el deductivo, el que fue asistido por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en el árbol de problemas y objetivos. Que forman parte del anexo de este documento.

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

### **Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis**

#### **Método deductivo**

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer los aspectos generales del área donde se ubica la problemática; a través de distintas técnicas las cuales serán descritas, posteriormente se dio seguimiento a la formulación de la hipótesis.

#### **Método del marco lógico**

El modelo de marco lógico nos permitió localizar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, se procedió a la formulación de hipótesis. Se determinó el área de trabajo y el tiempo para desarrollar la investigación, para ello se utilizó el método del marco lógico, el cual al mismo tiempo proporciona el objetivo general y el objetivo específico de la investigación. Igualmente facilitó establecer la designación del trabajo.

El modelo de investigación Dominó es una herramienta de planificación que nos permitió analizar el efecto, el cual genera el problema central seguidamente brinda la causa principal. El objetivo general y específico son producto de las variables mencionadas anteriormente, además de facilitar la designación del trabajo, así mismo se llevó a cabo preguntas clave para comprobación del efecto y para la comprobación de la causa, las cuales contienen la comprobación de la hipótesis en la problemática. Nos permitió formar los temas del marco teórico a través del efecto, problema central y causa.

## **Métodos utilizados en la comprobación de la hipótesis**

### **Método inductivo**

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado fue el inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos; lo cual sirvió para definir las conclusiones así mismo ideas generales, a partir de ellos se definieron los resultados específicos.

### **Método estadístico y de análisis**

Después de reunir la información contenida en las boletas, se le dio seguimiento a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis. Estos métodos consisten en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que obtuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

### **Método de síntesis**

Ya interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación; el que sirvió además para poder realizar el análisis, con los resultados obtenidos producto de la investigación técnica realizada en el caserío.

## **Técnicas**

### **I.5.2 Técnicas**

Las técnicas aplicadas, fueron variando de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; de esta manera:

## **Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis**

### **Observación directa**

Esta técnica se utilizó directamente en el área topográfica, a cuyo efecto, se observó en el trayecto del caserío un camino deteriorado.

### **Investigación documental**

Esta técnica se utilizó a efecto de determinar si se contaba con documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de obtener un historial que permitiera evidenciar el estudio mediante una proyección y correlación acerca de la problemática.

Establecida una idea general del problema, se inició a entrevistar a miembros de la población del caserío, a efectos de obtener información más precisa sobre la problemática identificada.

## **Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis**

Para la comprobación de la hipótesis se aplicaron las siguientes técnicas:

### **Encuesta**

Previo a desarrollar la entrevista, se comenzó el diseño de la boleta de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependientes e independientes de la hipótesis previamente formulada.

Las boletas, anticipadamente al ser aplicadas a la población objetivo, se llevaron a cabo unas pruebas, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y hacer que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicadas.

### **Censo**

Esta técnica se utilizó con los técnicos profesionales de la Municipalidad de San José El Rodeo, mediante el uso de las boletas para obtener información de la causa principal.

### **Técnica de correlación**

Esta técnica fue utilizada para determinar la relación entre la variable independiente, que está sustentada por el registro histórico estadístico de los 5 años, en relación con la variable dependiente que se representa por la proyección.

### **Proyección de la línea recta**

Se utilizó esta técnica para determinar en los próximos 5 años, el comportamiento y el escenario que tendrá, el Incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, así también se utilizó para establecer los beneficios al implementar esta propuesta, con lo que se prevé Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas.

### **Propuesta de Solución**

Se encuentra integrada por tres resultados, los cuales pretenden en primer lugar la creación de la Dirección Municipal de Planificación, en segundo el detalle que conlleva el proceso constructivo, así como el diseño estructural de la propuesta y por último el desarrollo de actividades que tienen con fin sensibilizar y capacitar a los habitantes del caserío.

### **Matriz de la Estructura Lógica**

Se tiene como objetivo llegar a los siguientes resultados:

R1: Se crea la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora.

Actividad -1: Elaboración de manual para préstamo y uso camino rural adoquinado.

Actividad -2: Capacitar al personal para el uso del manual préstamo y uso de camino rural adoquinado.

Actividad -3: Programación de la ejecución del plan.

Actividad -4: Ejecución de actividades de mejoramiento de unidad ejecutora.

R2: Se crea propuesta de diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Actividad -1: Descripción el proyecto

Actividad -2: Levantamiento Topográfico

Actividad -3: Evaluación de la calidad de suelo

Actividad -4: Diseño arquitectónico.

Actividad -5: Análisis de método de diseño de pavimento de adoquines de concreto.

Actividad -6: Diseño estructural

Actividad -7: proceso de instalación de los adoquines

Actividad -8: Elaboración de planos y presupuesto de obra civil.

Actividad -9: Especificaciones técnicas

R3: Se crea el programa de sensibilización y capacitación a los habitantes.

Actividad -1: Reuniones del COCODE para planificación de actividades.

Actividad -2: Programa informativo comunitario sobre la propuesta

Actividad -3: Implementación de sensibilización sobre el desarrollo de proyectos comunitarios

Actividad -4: Organización de capacitaciones sobre el desarrollo de proyectos de infraestructura en el área rural

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusión**

Se comprueba la hipótesis: El incremento de gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, en los últimos 5 años, por deterioro acelerado de camino de piedra y concreto, se debe a la inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado. Con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error para las 3 variables del árbol de problemas.

### **Recomendación**

Debido a lo anterior se recomienda poner en funcionamiento la solución de la problemática mediante la implementación del plan de “Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.

## **ANEXOS**

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

La Propuesta de valor del problema se divide en 3 resultados de interés los cuales son:

Se crea la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora, se dispone de Propuesta De Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos y se establece el programa de sensibilización y capacitación de los habitantes.

El primer capítulo se enfoca esencialmente en describir y generar actividades que tengan como objetivo creación de la Dirección Municipal de Planificación.

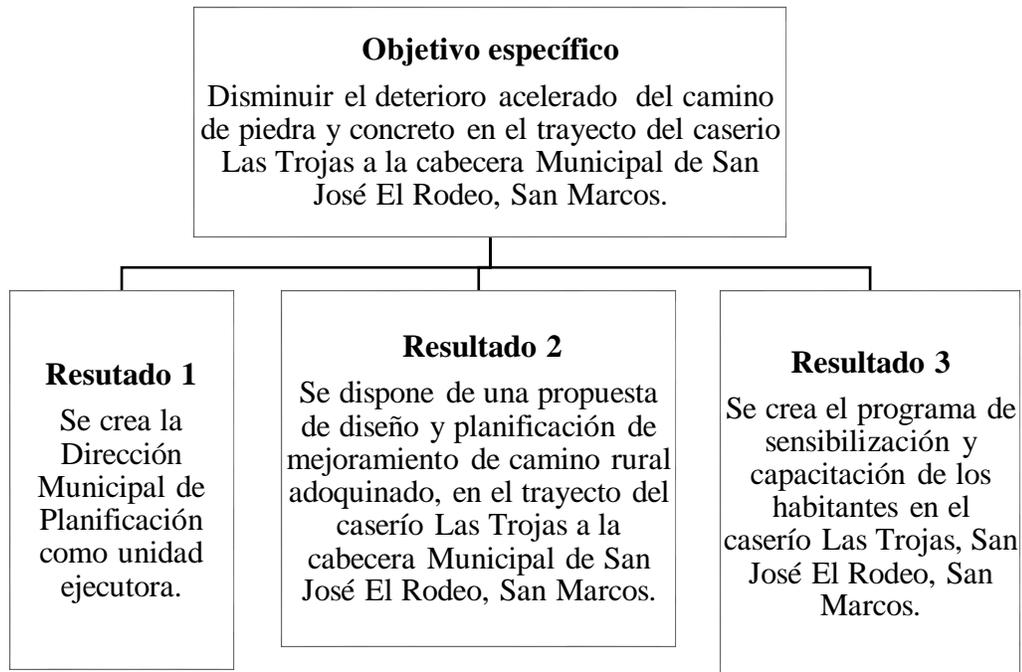
El segundo capítulo comprende el Diseño y Planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos, en él se detalla el proceso constructivo de dicho camino, así como el diseño estructural que comprende desde el pavimento articulado (adoquines) hasta la subrasante (suelo), utilizando las normas estructurales de nuestro país.

El desarrollo de este capítulo es el más prolongado ya que cuenta con fase de investigación y fase técnica profesional donde se desglosa una planificación de trabajo de Ingeniería.

El tercer capítulo tendrá el desarrollo de actividades que lleguen a sensibilizar y capacitar a los habitantes sobre el mejoramiento de la vía y las necesidades que complementa un camino adoquinado en el caserío.

En el apartado de anexos se plantea la propuesta de solución de la problemática investigada y se incluye la matriz de la estructura lógica para evaluar el trabajo después de desarrollar la propuesta.

### **Diagrama del medio de solución.**



### **Resultado 1: Se Crea la Dirección Municipal de Planificación como unidad ejecutora**

#### **Introducción**

El progreso de este resultado que adapta el informe final de graduación, mismo que tiene como fin crear un servicio que presta esta unidad técnica que su propósito es mejorar la calidad de sus funciones.

Este informe se conforma de la siguiente manera: Introducción, descripción de la propuesta y las actividades necesarias para llevar a cabo el resultado. La propuesta consiste en la Creación de la Unidad Ejecutora “Dirección Municipal de Planificación”.

El resultado fue desarrollado por estudiante de la facultad de Ingeniería, de la Universidad Rural de Guatemala, como parte del trabajo de graduación, previo a optar al título de Ingeniero Civil de conformidad con los estatutos y reglamentos de la Universidad Rural de Guatemala.

### **Descripción del Resultado No. 1**

Propuesta de creación de la Unidad Ejecutora “Dirección Municipal de Planificación”. El cual consiste en dar las instrucciones para el uso correcto del camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos para un buen funcionamiento en su periodo de vida útil proyectado por el periodo de diseño.

### **Desarrollo del Resultado**

#### **Actividad 1: Elaboración de manual para préstamo y uso camino rural adoquinado.**

Manual para préstamo y uso de camino rural adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

#### **1. Objetivo.**

El objetivo de este manual es disponer de procedimientos básicos sobre el uso correcto de un camino rural adoquinado, cuya ejecución aporte al mejoramiento para una accesibilidad e interconectividad terrestres entre poblaciones con el fin de garantizar el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Precaviendo de esta manera el constante mantenimiento y los inconvenientes derivados de la interrupción del servicio.

#### **2. Alcance**

Este manual está dirigido para que el personal de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad responsable de las actividades de ejecución

de proyectos de obra civil, para así darle el uso correcto a este manual y así desarrollar con mayor eficacia los beneficios del uso de un camino rural adoquinado en el área del municipio.

### **3. Normativa de manual para préstamo y uso de camino rural adoquinado.**

#### **Considerando**

Que el camino rural (y el área con infraestructuras de beneficio comunitario) al ser una vía para la movilidad de los pobladores en general.

Que su utilización debe darse en función de principios de aprovechamiento y mantenimiento óptimo

Que se hace necesario reglamentar la utilización del camino rural adoquinado para lograr una administración más ágil y el mantenimiento del mismo.

#### **Acuerdo**

Definir el siguiente manual para el préstamo y uso del camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

#### **1. Acontecimientos permitidos en la vía.**

El camino rural está destinado a la realización de acontecimientos tales como: circulación tanto de vehículos pesados y livianos, circulación de peatones, el mantenimiento del camino de manera frecuente, drenajes periódicamente nivelados y limpiados, así como también la superficie debe ser inspeccionada para quitar huellas de rodadura y material deslizantes.

#### **2. Acontecimientos no permitidos en la vía**

Se restringe la utilización del camino rural para acontecimientos como: entablar o realizar carreras, concursos, certámenes, propietarios de talleres que reparen vehículos en la vía, competencias de velocidad u otras pruebas deportivas en la vía pública, que generen o no utilidades a una persona, la colocación de comerciantes interrumpiendo la vía con sus productos varios, calles cerradas por el estacionamiento de vehículos y actividades donde causen daños a la infraestructura. Salvo que lo mencionado anteriormente, cuente con el permiso correspondiente.

### **3. Acontecimientos que ocasionan pago por su utilización**

Los acontecimientos en los cuales se ve interrumpida la circulación en la vía los cuales ocasionan pago por su utilización es la colocación de comerciantes, celebración de velorios, cumpleaños, desarrollo de actividades sociales, culturales y recreativas, actividades privadas como pruebas deportivas, marchas ciclistas.

### **4. Acontecimientos exentos de pago por su utilización**

Los acontecimientos en los cuales ocasionen cierre de la vía no ocasionan ningún tipo de pago, son las actividades de beneficio para la comunidad, actividades realizadas por la municipalidad debido a celebraciones del caserío.

### **5. Requisitos para el uso del camino rural adoquinado**

Los requisitos siguientes tienen el temple de permanentes tanto para los acontecimientos que requieren de pago por su realización en la vía como para aquellos exentos de pago: solicitud por escrito del camino rural dirigida al COCODE mediante una carta de la comunidad, presentada con 5 a 8 días de anticipación al día del evento. En dicha solicitud se debe informar el nombre del organizador, número de teléfono de su vivienda, número de celular, la fecha y hora de inicio y fin del evento, nombre del evento y la finalidad que se tiene con cierto cierre de la vía.

### **6. Responsabilidad del solicitante**

La persona solicitante que haya sido autorizada para el cierre de la vía, debe responder por los daños que puedan causar en la capa de rodadura y a los elementos que la conforman. De igual forma es responsable por los actos u omisiones de los invitados. La vía utilizada se entregará por parte de la administración a quien lo vaya a utilizar, mediante un formato previamente establecido para tal fin. Después del evento el área utilizada deberá estar completamente limpia bajo responsabilidad del solicitante. La limpieza debe ser realizada en un máximo de 24 horas luego del evento.

### **7. Pago por utilización del camino rural adoquinado**

Una vez aprobada la solicitud, se informará al interesado con el propósito de que, a la mayor brevedad posible consigne en efectivo el valor correspondiente al pago por la utilización de la vía. Estos valores serán entregados personalmente o en una cuenta bancaria de la administración o en efectivo directamente con el COCODE.

### **8. Autorización por la utilización del camino rural adoquinado**

La administración será la encargada de verificar los valores consignados por el solicitante y expedirá el correspondiente recibo de caja y autorización de uso. De igual forma, se autoriza al administrador encargado del mantenimiento.

### **9. Seguridad en el camino rural adoquinado**

La seguridad de las personas, el inmueble durante los acontecimientos serán exclusiva responsabilidad del solicitante, las cuales incluyen:

- a. Tomar las precauciones de seguridad correspondientes sobre el personal, carpas, iluminación, conos de señalización vial u otros elementos de seguridad para transeúntes y conductores.
- b. No mover o prestar sin autorización de la administración los elementos de seguridad u otros objetos que se encuentren en custodia o conceder señalización en la vía a utilizar.

## **10. Horario de Contención de vehículos**

El horario en el cual se podrá interrumpir el camino rural para el desarrollo de actividades deberá establecerse dentro del convenio de préstamo, pero no podrá excederse del tiempo establecido por la administración debido a que es importante mantener despejado el camino por la circulación de vehículos y peatones.

### **Actividad 2: Capacitar al personal para el uso del manual de operación y mantenimiento**

La capacitación será dada por los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de San José El Rodeo, San Marcos, y su finalidad será dar a conocer al personal de desarrollo de proyectos de obra civil el Manual para préstamo y uso de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

En la capacitación se dará a conocer los puntos y sus incisos del manual para darle un correcto uso y la manera correcta de tomar préstamo del camino rural adoquinado.

En la capacitación con respecto a los puntos se le dará el tiempo necesario al personal de la DMP para aclarar todas las dudas posibles.

Queda a criterio el desarrollo de la capacitación a la DMP, para el tiempo correspondiente para una explicación clara de los puntos y para el mejor rendimiento del personal.

### **Actividad 3: Programación de la ejecución del plan**

Se desarrollará un plan de ejecución de actividades de acuerdo a la unidad ejecutora y sus lineamientos, será la responsable de programar la reunión de mesa técnica y de disponer fechas exactas para la implementación de cada una de las actividades que se contemplan en la propuesta.

#### **Actividad 4: Ejecución de actividades para el mejoramiento de la unidad ejecutora**

Cuando se cuente con todos los requisitos establecidos por la unidad ejecutora, así como el plan de desarrollo de actividades, se pondrá en marcha las actividades que tendrán como objetivo el mejoramiento de esta entidad.

#### **Resultado 2: Se dispone de una Propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos.**

##### **Introducción**

El desarrollo de este resultado que conforma el informe final de graduación, mismo que tiene como fin disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, con lo cual se evitará Incremento de gastos en la reparación de vehículos.

La Inexistencia de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, provoca un incremento de gastos en la reparación de vehículos.

Por lo que se propone desarrollar el proyecto de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

Esta propuesta cuenta con las actividades siguientes: 1) Descripción del proyecto, 2) levantamiento topográfico, 3) evaluación de la calidad de suelo, 4) diseño arquitectónico, 5) análisis de métodos de diseño de pavimento de adoquines de

concreto, 6) diseño estructural, 7) proceso de instalación de los adoquines, 8) elaboración de planos y presupuesto de obra civil, 9) Especificaciones Técnicas.

Para la ejecución de cada una de las actividades se desarrollarán tareas para lograr el fin de este resultado.

### **Descripción del Resultado N. 2**

El diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, como propuesta para Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto. El proyecto estará conformado por fase de investigación del municipio a construir, fase técnica profesional, que se encarga del diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado y elaboración de planos y presupuesto general del proyecto.

### **Desarrollo del Resultado N. 2**

#### **Actividad -1: Descripción del proyecto**

Un camino rural adoquinado es una vía de comunicación que tiene como objetivo proporcionar una mayor movilidad de personas bienes y servicios, dándole un impulso económico del área por donde atraviesan.

Dado que el Caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos, no cuenta con un camino adecuado para sus necesidades, se presenta una propuesta de solución en el presente diseño, en donde se reemplazará una vía empedrada con carrileras de concreto por un camino adoquinado que satisfacen la necesidad del espacio que abarca el proyecto.

El proyecto consiste en un camino rural adoquinado que abarca 1,560 m<sup>2</sup>, con adoquines de concreto, confinamiento externo (bordillos de concreto con resistencia igual o mayor a 4,000 psi) e interno (llaves de confinamiento).

## **Actividad -2: Levantamiento Topográfico**

En este estudio se representa la superficie terrestre del lugar a construir en un plano horizontal, con la utilización de equipo topográfico incluyendo aparatos, herramientas y los métodos de cálculo conveniente.

Con el fin de obtener las medidas de espacios que se cuentan para realizar el proyecto y al mismo tiempo ajustar las dimensiones del camino según el espacio calculado. El levantamiento efectuado consiste en una poligonal abierta, conformado por ángulos y tangentes. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 20)

los siguientes aspectos deben ser establecidos en la formulación de ángulos y tangentes en el levantamiento topográfico:

- Establecer un punto de partida
- Establecer un azimut o rumbo de salida
- Establecer el kilometraje de salida
- Establecer la cota o altura de salida del terreno
- Ubicación colocación de BM de salida.

Se realizo el levantamiento en el Caserío Las Trojas, necesario para obtener las dimensiones del área que se tendrá disponible para la ejecución y construcción del proyecto establecido.

Los planos topográficos y de ubicación geográfica se adjuntan en los anexos de este documento.

El levantamiento topográfico consiste en una medición total que contenga un grado de precisión comprensible. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 20)

Figura N. 27 Topografía Caserío Las Trojas



Fuente: Jeanner P. junio 2022

### **Actividad-3: Análisis de los Suelos**

Existe una gran variedad de suelos, conformados por dos grandes grupos. Los suelos orgánicos y los suelos inorgánicos, en consecuencia, no existe un solo método para el estudio de suelos, por lo tanto, es oportuno explorar la zona y realizar una anotación previo a realizarse la selección del método de estudio. Uno de los ensayos más importantes es el ensayo Proctor modificado. (TOLEDO, 2014, pág. 27)

El ensayo de Proctor modificado sirve para hallar la relación entre el peso unitario seco respecto del porcentaje de humedad óptima que proporcione una buena adaptación entre partículas de los suelos, como resultado un grado de compactación favorable para la infraestructura vial. (TOLEDO, 2014, pág. 27).

Compactar un suelo es necesario debido a ciertos motivos como lo son:

- Aumenta la resistencia al corte y mejora la estabilidad y capacidad de la carga de los pavimentos
- disminuye la compresibilidad y al mismo tiempo reduce los asentamientos
- disminuye la relación de vacíos y a la vez reduce la permeabilidad.
- reduce la posible expansión o contracción para reducir las fisuras en la carpeta asfáltica.

El ensayo Proctor se conforma por medio de dos tipos de pruebas, el ensayo Proctor estándar y el ensayo Proctor modificado. El ensayo modificado es el aumento de la energía de compactación. (TOLEDO, 2014, pág. 27).

El ensayo de Proctor, involucra entregar un trabajo mecánico con el objeto de incluir la descripción importante de la cantidad de golpes, altura de caída, peso del pisón e incluso en número de capas, en consecuencia, recibe el nombre de energía específica. (MAYEN, 2012, pág. 93)

La principal diferencia entre el ensayo de Proctor estándar y el ensayo de Proctor modificado, es la aplicación de energía que se aplica en la compactación del suelo. (MAYEN, 2012, pág. 93)

“En el Proctor Normal, se hace caer un peso de 2,5 kilogramos (5,5 libras) de una altura de 30 centímetros (12 pulgadas), compactando la tierra en 3 capas con 25 golpes”. (MAYEN, 2012, pág. 93)

“En el Proctor Modificado, un peso de 5 kilogramos (10 libras) De una altura de 45 centímetros (18 pulgadas), logrando la compactación en 5 capas de tierra con 25 golpes”. (MAYEN, 2012, pág. 93)

En el presente, la utilización del ensayo Proctor modificado es aún mayor debido a que brinda mayor beneficio que el normal, por lo tanto, se llegan a describir 4 procedimientos opcionales para el ensayo. (MAYEN, 2012, pág. 93)

### **Método “A”**

-Molde: de 4 pulgadas de diámetro (101,6 milímetros).

-Material: se emplea el que pasa por el tamiz No. 4 (4,75 milímetros).

-Capas: 5. -Golpes por capa: 25.

-Uso: cuando el 20 del porcentaje o menos del peso del material es retenido en el tamiz No. 4 (4,75 milímetros).

-Otros Usos: si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación, pueden ser ensayados usando Método B o C.

### **Método “B”**

-Molde: de 4 pulgadas (101,6 milímetros) de diámetro.

-Materiales: se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulgadas (9,5 milímetros).

-Capas: 5. -Golpes por capa: 25.

-Usos: cuando más del 20 por ciento del peso del material es retenido en el tamiz No. 4 (4,75 mm) y 20 por ciento o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulgadas (9,5 milímetros).

-Otros Usos: si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

### **Método “C”**

-Molde: de 6 pulgadas. (152,4 milímetros) de diámetro.

-Materiales: se emplea el que pasa por el tamiz 3/4 pulgadas (19,0 milímetros).

-Capas: 5.

-Golpes por Capa: 56.

-Usos: cuando más del 20 por ciento en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulgadas (9,53 milímetros) y menos de 30 por ciento en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulgadas (19,0 milímetros).

-El molde de 6 pulgadas (152,4 milímetros) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

### **Actividad -4: Diseño Arquitectónico.**

El camino rural tiene una longitud aproximada de 260 ml, con dimensiones de 6 ms. de ancho (3 metros de cada lado), elaboración de subrasante con el ensayo correcto, pavimento articulado con los adoquines idóneos para el proyecto.

### **Selección del Sistema Estructural**

El camino rural cuenta con un sistema estructural compuesto por una subrasante, subbase y base con los procedimientos y ensayos correspondientes y un pavimento articulado idóneo.

Se tomaron en cuenta los siguientes factores para la elección del tipo de estructura: Economía, accesos, velocidad de construcción, uso del camino, dimensiones de la vía para la propuesta, en ciertos espacios no se colocarán bordillos, la estructura tiene un área de 1,560 ms<sup>2</sup> y una longitud de 260 ml, serán colocados un total de 35, 880 adoquines tipo cruz con dimensiones de 10x22x24 cm.

La estructura del camino estará conformada por: arena de junta, adoquines de concreto correspondientes para la vía, bordes de confinamiento, llaves de confinamiento ambos hechos de concreto con la resistencia que se requiere, base constituida por agregados seleccionados, subbase constituida por materiales locales granulares y una subrasante (suelo natural) compactada.

### **Diseño Arquitectónico de la Vía**

El pavimento de adoquines visto en planta cuenta con un área de 1,560 ms<sup>2</sup> y una longitud de 260 ml, colocando de forma correcta los adoquines correspondientes conforme a las necesidades que se lleguen a suplir a la población, así como también los objetivos fundamentales del diseño, es decir, una funcionalidad, una seguridad, una comodidad, una integración en su entorno, economía y elasticidad con el propósito de obtener una configuración geométrica definitiva del conjunto.

Las dimensiones de los adoquines dependerán del ingeniero encargado del diseño.

### **Actividad -5: Análisis de métodos de Diseño de pavimento de adoquines de concreto**

En el análisis de diseño de pavimentos se debe contar con ciertos conceptos básicos que son determinados por el tipo de camino, funcionalidad y selección del pavimento aplicado para satisfacer o cubrir la necesidad de una población. Los conceptos básicos importantes en el diseño se dan a resumir a continuación:

#### **Estudio de Tránsito**

En toda planificación de proyectos de infraestructura viales, es necesario tomar en cuenta un estudio de tránsito, llevando a cabo el correspondiente análisis de aforo vehicular para conseguir proyecciones del T.P.D.A. por lo tanto se determina el tipo de sección típica empleado para el diseño de carretera. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 5)

#### **Niveles de servicios de la vía**

Concepto usado para medir la calidad de flujo vehicular, debido a que es una medida cualitativa que especifica las condiciones de operación de un flujo vehicular. Las operaciones se dan en detalles por medio de factores, como la velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, conveniencia y la seguridad vial. (Arguello, 2013, pág. 34)

#### **Cálculo de libretas**

Es una actividad que se realiza de manera obligatoria para el manejo y la interpretación de información obtenida en campo. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 25)

#### **Libreta de tránsito**

Una de las libretas principales que se usa principalmente para anotar datos del tránsito vehicular, cálculo de la longitud de curva, subtangentes, los estacionamientos PC/PT y los cálculos de las tangentes y rumbos. Los datos que se mencionan deberán calcularse con ayuda de la libreta de tránsito. (HERNÁNDEZ, 2010, pág. 23)

## **Actividad -6: Diseño Estructural**

### **Diseño de Espesores de capas de materiales**

El diseño se calculará con las recomendaciones que se encuentran en el método de Mills.

#### **Sub – Rasante**

Proceso que se lleva cabo en la superficie del terreno, para lograr la calidad y posición correspondientes para la infraestructura vial con el propósito de usarla como base para las demás capas de la estructura. (RAMOS, 2003, pág. 44)

El proceso consiste en limpieza, extracción de los materiales que serán usados en la sub – rasante, el trazo, excavación y/o relleno y compactación, con el objetivo de seleccionar los materiales que presenten las mejores características físicas y mecánicas. Para la conformación de la capa no se permite un suelo con materiales orgánicos, por lo tanto, deberá hacerse una limpieza de hasta 1 mt. (RAMOS, 2003, pág. 45)

#### **Sub – Base**

Esta capa, puede no tomarse en cuenta en la estructura de la carretera, siempre y cuando la sub – rasante este en excelente estado y también si el tránsito que usara la vía es liviano. Por lo general se conforma de material selecto, así también se hace mención de las funciones que cumple dicha capa: (RAMOS, 2003, pág. 45)

-Elimina la acción del bombeo

-incrementa el valor soporte y brinda una resistencia más uniforme a la carpeta de rodadura.

-transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base

-mantiene un control de los cambios de volumen que puedan tener los materiales de la sub – rasante.

## Base

Las operaciones que se llevaran a cabo para la elaboración de la base granular comienza al momento de distribuir el material de forma manual o mecánica. Cierta material debe compactarse hasta lograr un 95% del peso específico seco máximo, establecido según la prueba AASHTO T-99. (RAMOS, 2003, pág. 44)

TABLA No. 31 Granulometría según AASHTO M-147

TAMIZ	% EN PESO DE MATERIAL QUE PASA EN TAMICES DE MALLA CUADRADA					
	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F
2"	100	100				
1"		75 - 95	100	100	100	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100		
4	25 - 55	30 - 60	35 - 85	50 - 85	55 - 100	70 - 100
10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
40	08 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
200	02 - 08	05 - 20	05 - 15	10 - 25	06 - 20	08 - 25

Fuente: Lorenzo Joel Ramos Soberanis, Diseño de pavimento de adoquín y línea de conducción de agua potable para el canto la Caridad, San Vicente Pacaya, 2003.

## Cama de Asiento

-El material de la capa quedara espaciado hasta conseguir un espesor de 3 cm. Sobre la cual estarán colocados los adoquines.

-El nivel superior de la capa deberá quedar 1 cm, sobre el nivel de diseño de la rasante indicada en planos de perfiles.

-el material deberá cumplir con los siguientes requisitos:

\*El CBR debe ser igual o mayor de 70% (AASHTO T-193)

\*Graduación:

-porcentaje que pasa el tamiz número 40; 95 - 100

- porcentaje que pasa el tamiz número 200; 0 - 5

\*Coeficiente de uniformidad: 6

\*\*“La fracción del material que pasa el tamiz numero 40 deberá tener un índice de plasticidad igual o menor de 6. Limite liquido igual o menor de 25”. (RAMOS, 2003, pág. 44)

### **Carpeta de Rodadura**

Formada por elementos de adoquín que toleran directamente el tránsito vehicular, con el propósito de brindar una superficie que desempeñe las siguientes funciones: (RAMOS, 2003, pág. 47)

-Resistir con un desgaste mínimo los esfuerzos ocasionados por las llantas de los vehículos.

-Proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y frio

-brindar una superficie lisa, uniforme y que ofrezca una perspectiva agradable.

### **Actividad -7: Proceso de instalación de los Adoquines**

#### **Pasos a seguir para la colocación de adoquines de concreto**

##### **Paso No. 1**

##### **Planificación:**

**A) Diseño:** En el diseño se debe tomar en cuenta el tipo de pavimento, el tipo de adoquín a usar, el patrón de colocación e incluso el color y el tamaño.

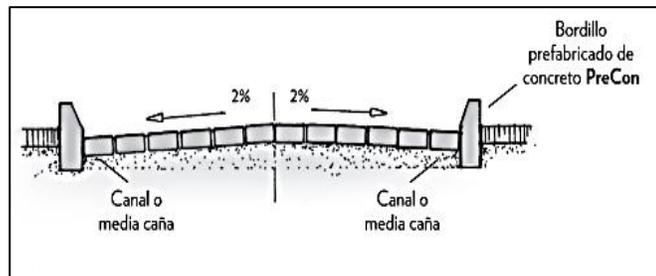
Figura N. 29 Adoquines de concreto tipo Cruz



Fuente: Arq. William García, 2013

**B) Estructura:** en la estructura se toma en cuenta principalmente el tipo de tráfico, el tipo de drenaje y los topes que serán añadidos en la carretera.

Figura N. 30 Sección transversal



Fuente: Arq. William García, 2013

### **Paso No 2**

En este paso se lleva a cabo el retiro de la capa vegetal. Durante el proceso se localizan áreas de relleno, ripio o raíces se hará una excavación para remover estos tipos de obstáculos hasta encontrar una base sólida nivelada. Durante el proceso de diseño es recomendable dejar una pendiente del 2% debido al tipo de drenaje que llegue a diseñarse. (GARCIA, 2013, pág. 3)

### **Paso No 3**

Se lleva a cabo principalmente con una vibro compactadora que aplanar la capa sub – rasante, igualmente seguir con las indicaciones del diseño para una correcta compactación. (GARCIA, 2013, pág. 3)

### **Paso No 4**

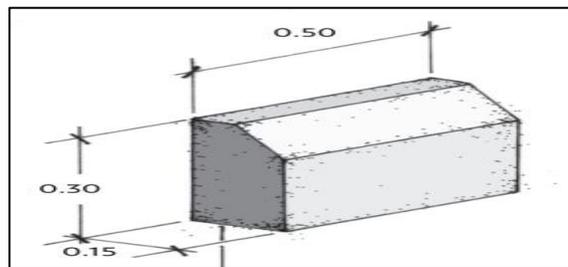
Después de realizar la compactación del suelo para la sub – rasante se coloca una capa de grava triturada de 3/4" unida con grava mediana, pequeña y fina, con el fin de garantizar una mejor compactación.

Este proceso debe realizarse en capas no mayores a 10 cm. Se debe alcanzar un 90% - 95% de su densidad seca máxima. En este paso debe quedar el perfil final del pavimento bien definido. (GARCIA, 2013, pág. 3)

### Paso No 5

Tanto los bordes internos y externos de concreto deben ser colocados antes de los adoquines, con el fin de asegurar que los mismos permanezcan en su posición. El confinamiento lateral y llaves de confinamiento deben ser de concreto tipo prefabricado o hecho en situ. (GARCIA, 2013, pág. 3)

Figura N. 31 Bordillo de concreto



Fuente: Arq. William García, 2013

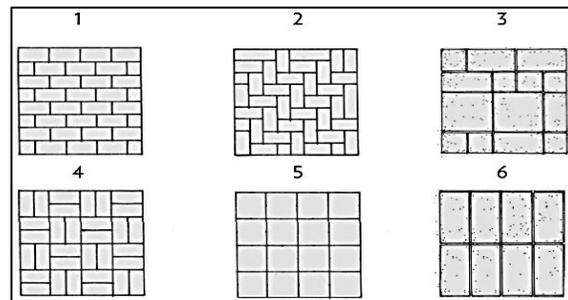
### Paso No 6

“La capa de asiento debe quedar cubierta con una capa de arena con un espesor de 1 pulgada”. (GARCIA, 2013, pág. 3)

### Paso No 7

“Sino se indica en planos deberá diseñarse la posición en la que deben ser colocados los adoquines. Se sugieren 6 modelos diferentes”. (GARCIA, 2013, pág. 4)

Figura N. 31 Bordillo de concreto



Fuente: Arq. William García, 2013

### **Paso No 8**

“Seleccionado el patrón de colocación de adoquín, colocar los adoquines iniciando en cualquier esquina. Si el pavimento esta adyacente a una estructura solida (tal como una pared), la colocación debe iniciarse en ese lado. Generalmente sirve de referencia de colocación los bordillos que forman la acera”. (GARCIA, 2013, pág. 5)

### **Paso No 9 Detalles Finales**

Los detalles finales consisten en colocar la arena limpia sin materia orgánica u otro elemento que impida penetrar los espacios que dejan cada adoquín. La arena debe tener un tamaño de 3/16” o menor al ancho de la junta. Se debe barrer la zona y compactar. Este proceso debe repetirse al menos dos veces, después se barre la arena restante. (GARCIA, 2013, pág. 5)

“Se recomienda aplicar una capa de repelente de agua para evitar eflorescencias o un sellador de piso, asegurándose que el adoquín este completamente seco antes de aplicarlo”. (GARCIA, 2013, pág. 5)

### **Prueba a pie de obra**

Para concluir, se debe verificar la pendiente y observar si existen aberturas que puedan ocasionar empozamiento de agua. (GARCIA, 2013, pág. 5)

Se recomienda tomar en cuenta el área de diseño, el patrón de diseño y el tipo de adoquín que se usara en la infraestructura vial, para una correcta cuantificación de los elementos. (GARCIA, 2013, pág. 5)

### **Actividad -8: Elaboración de planos y presupuesto de Obra Civil**

Los planos son esenciales ya que permiten ver la estructura de la infraestructura vial, la ubicación exacta en la cual se lleve a cabo el proceso constructivo y el proceso de operación.

El presupuesto no es más que el monto estimado del proyecto que se llevará a cabo. Las dimensiones serán parte esenciales

### **Actividad -9: Especificaciones Técnicas**

Tienen como fin brindar los lineamientos generales que cada proyecto tiende a seguir, en relación a la calidad de materiales, procedimientos constructivos y acabados durante la ejecución del proyecto, plasmado en planos de construcción.

### **Resultado 3. Se crea el programa de sensibilización y capacitación de los habitantes en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.**

#### **Introducción**

La ejecución de este impacto que se adapta al informe final de graduación, mismo que tiene como propósito brindar sensibilidad y capacitar a los habitantes de la población para tener conocimiento sobre la eficiencia de la infraestructura vial.

El resultado fue desarrollado por estudiante de la facultad de ingeniería, de la Universidad Rural de Guatemala, como parte del trabajo de graduación. Previo a optar al título de Ingeniero Civil de conformidad con los estatutos y reglamentos de la Universidad Rural de Guatemala.

#### **Descripción del Resultado No 3**

Se crea el programa de sensibilización y capacitación a los habitantes. El cual consiste en difundir las instrucciones para la ejecución de actividades que se lleven a ejecutar para el diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos para una buena movilidad, ya que es una propuesta para reducir el Incremento de gastos en la reparación de vehículos en la población y ayudar a mejorar la movilidad de individuos, bienes y servicios. La implementación del resultado obtenido será de gran beneficio para concientizar y a la vez ofrecer información

accesible y siempre presente en el desarrollo de la población para proyectos de infraestructura, que tendrán un impacto en el desarrollo social, económico y político a nivel poblacional.

### **Desarrollo del resultado**

**Resultado 3:** Se crea el programa de sensibilización y capacitación de los habitantes.

**Actividad 1:** Reuniones del COCODE para planificación de actividades

**Objetivo:** Lleva a cabo una reunión comunitaria con los integrantes del COCODE para organizar la exposición de las actividades con los pobladores del caserío.

### **Desarrollo de actividad**

La reunión será dada por los integrantes del COCODE de la comunidad, y su propósito será realizar un plan de ejecución de actividades.

En la reunión se establecerá un programa para llevar a cabo actividades con los pobladores relacionados con los problemas que afectan a la comunidad, por la inexistencia de una propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío.

En la reunión se les dará el debido tiempo a los integrantes del COCODE para aclarar toda duda con respecto a los puntos establecidos.

Queda a criterio el desarrollo de la reunión al COCODE, para el suficiente tiempo con el propósito de tener claro la explicación de los puntos y una mejor comprensión de los habitantes sobre la propuesta.

**Actividad 2:** Programa de difusión a la población sobre la propuesta.

**Objetivo:** realizar una reunión comunitaria con los habitantes para informar los puntos de vista de la propuesta, así como las ventajas que se tendrán en la comunidad al desarrollar el proyecto.

### **Desarrollo de actividad**

La reunión será dada por los integrantes del COCODE de la comunidad, y su propósito será dar a conocer los aspectos generales que implica el desarrollo del proyecto de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del Caserío Las Trojas a la cabecera municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

En la reunión se dará a conocer los puntos generales que tendrá el desarrollo del proyecto.

En la reunión se les dará el debido tiempo a los integrantes del COCODE para aclarar toda duda con respecto a los puntos establecidos.

Queda a criterio el desarrollo de la reunión al COCODE, para el suficiente tiempo con el propósito de tener claro la explicación de los puntos y una mejor comprensión de los habitantes sobre la propuesta.

**Actividad 3:** Implementación de concientizar sobre el desarrollo de proyectos a la población.

**Objetivo:** Instruir a la población a través de reuniones para darles a conocer los efectos negativos que se generan en las comunidades rurales al tener una carencia de progreso de proyectos que fomenten el avance de la comunidad.

### **Desarrollo de actividad**

La población será instruida por los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San José El Rodeo, San Marcos.

Su propósito será dar a conocer los efectos negativos al tener carencia o poco progreso de proyectos comunitarios, así también de concientizar a los pobladores para asistir a los miembros del COCODE para poder ejecutar más proyectos que resuelvan los problemas en la comunidad.

En la reunión se les dará el debido tiempo a los integrantes de la DMP para aclarar toda duda con respecto a los puntos establecidos.

Queda a criterio el desarrollo de la reunión a la DMP, para el suficiente tiempo con el propósito de tener claro la explicación de los puntos y una mejor comprensión de los habitantes sobre la propuesta.

**Actividad 4:** Establecer capacitaciones sobre el desarrollo de proyectos de infraestructura en el área rural.

**Objetivo:** realizar una reunión a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de San José El Rodeo, San Marcos, sobre el progreso de proyectos de infraestructura en comunidades rurales.

#### **Desarrollo de actividad**

El personal de desarrollo de proyectos de obra civil será instruido por los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San José El Rodeo, San Marcos, y su propósito será dar a conocer los beneficios que generan en áreas rurales el progreso de proyectos de infraestructura.

En la capacitación se dará a conocer los puntos e incisos más importantes

En la capacitación se les dará el debido tiempo a los integrantes de la DMP para aclarar toda duda con respecto a los puntos establecidos.

Queda a criterio el desarrollo de la capacitación a la DMP, para el suficiente tiempo con el propósito de tener claro la explicación de los puntos y una mejor comprensión del personal sobre la propuesta.

## Anexo 2: Matriz de la Estructura Lógica

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.</p>	<p>Al primer año de la implementación de la Propuesta de diseño y planificación, se reduce gastos en la reparación de vehículos debido al adoquinado en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, en un 90%</p>	<p>Registros y avance de la unidad ejecutora, entrevista a los habitantes, fotografías.</p>	<p>Apoyo de parte de la DMP para reducir gastos en la reparación de vehículos en el caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos. También se implementa el programa de sensibilización y capacitación a los involucrados en el proceso.</p>
<p><b>Objetivo específico:</b></p> <p>Disminuir el deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de</p>	<p>Al primer año de la propuesta de diseño y planificación, se disminuye el</p>	<p>: Libreta de campo de Dirección Municipal de Planificación, fotografías, Registros y avance de la unidad</p>	<p>la Dirección Municipal de Planificación y la Municipalidad actualizan el proceso e implementan mejoras cada año.</p>

<p>San José El Rodeo, San Marcos.</p>	<p>deterioro acelerado del camino de piedra y concreto en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos, en un 95%.</p>	<p>ejecutora, entrevista a los habitantes.</p>	
<p><b>Resultado 1:</b> Se crea la Dirección Municipal de Planificación (DMP) del Municipio San José El Rodeo, San Marcos., como unidad ejecutora.</p>			
<p><b>Resultado 2:</b> Se dispone de propuesta de diseño y planificación de mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío</p>			

Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.			
<b>Resultado 3:</b>			
Se crea el programa de sensibilización y capacitación de los habitantes del Caserío Las Trojas, San José El Rodeo, San Marcos.			

Fuente: Jeanner, P Julio 2022

### Anexo 3: Ajustes de costos y tiempos

PRESUPUESTO DESGLOSADO.			
<b>PROYECTO:</b>	PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CONADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.		
<b>MUNICIPIO:</b>	SAN JOSÉ EL RODEO.		
<b>DEPARTAMENTO:</b>	SAN MARCOS.		
	<b>ÁREA DE TRABAJO</b>	<b>1,560.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
	<b>LONGITUD DEL PROYECTO</b>	<b>260</b>	<b>m</b>
	<b>LONGITUD DE LLAVES</b>	<b>156</b>	<b>m</b>
	<b>SECCIÓN DE LLAVES</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
	<b>ESPESOR DE BASE</b>	<b>0.2</b>	<b>m</b>
	<b>LONGITUD DE BORDILLO</b>	<b>520</b>	<b>m</b>
	<b>SECCIÓN DE BORDILLO</b>	<b>0.1</b>	<b>0.23</b>
	<b>SECCIÓN LOSETA DE REMATE</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>
	<b>LLAVE DE REMATE</b>	<b>15.3</b>	<b>m</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>1</b>	<b>Renglón:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
	<b>TRAZO Y REPLANTEO</b>	<b>1560</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>No.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
	Estacas	50	Unidades
	Pintura anticorrosiva	5	Unidades
	<b>TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>		<b>Q 500.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
	Calificada	1560	m
	<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>		<b>Q 3,120.00</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>Q 3,620.00</b>
	<b>COSTO INDIRECTO</b>		<b>Q 1,006.00</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>		<b>Q 2,614.00</b>
	<b>PRECIO UNITARIO</b>		<b>Q 1.68</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>2</b>	<b>Renglón:</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Unidad de medida</b>	
	<b>CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE</b>	<b>1560</b>		<b>m<sup>2</sup></b>	
<b>No.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Retroexcavadora (renta)	24	horas	Q 350.00	Q 8,400.00
	Rodo (renta)	24	horas	Q 400.00	Q 9,600.00
	Vibrocompactadora (renta)	24	horas	Q 300.00	Q 7,200.00
	<b>TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>			Q	<b>18,000.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	1560	m <sup>2</sup>	Q 4.00	Q 6,240.00
	<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>			Q	<b>6,240.00</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>			Q	<b>24,240.00</b>
	<b>COSTO INDIRECTO</b>			Q	<b>9,097.00</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>			Q	<b>33,337.00</b>
	<b>PRECIO UNITARIO</b>			Q	<b>21.37</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>3</b>	<b>Renglón:</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Unidad de medida</b>	
	<b>PREPARACIÓN DE LA BASE (e=0.20)</b>	<b>1,560</b>		<b>m<sup>2</sup></b>	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Material granular	437.00	m <sup>2</sup>	Q 150.00	Q 65,550.00
	<b>TOTAL DE MATERIALES</b>			Q	<b>65,550.00</b>
<b>No.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Tendido y afinado de material granular (renta, patrol)	24.00	horas	Q 355.00	Q 8,520.00
	Compactación de base (renta, Rodo)	24.00	horas	Q 400.00	Q 9,600.00
	Vibrocompactadora (renta)	24.00	horas	Q 350.00	Q 8,400.00
	Camión cisterna (humectación base)	24.00	horas	Q 300.00	Q 7,200.00
	<b>TOTAL DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>			Q	<b>33,720.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Mano de obra no calificada	1560.00	m <sup>2</sup>	Q 5.00	Q 7,800.00
	<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>			Q	<b>7,800.00</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>			Q	<b>107,070.00</b>
	<b>COSTO INDIRECTO</b>			Q	<b>26,637.00</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>			Q	<b>133,707.00</b>
	<b>PRECIO UNITARIO</b>			Q	<b>85.71</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

4	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	BORDILLOS LATERALES (0.10X0.40 m)	520		m	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Cemento	229	sacos	Q 80.00	Q 18,320.0
	Arena de río	18	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 3,600.0
	Piedrín	18	m <sup>3</sup>	Q 250.00	Q 4,500.0
	Alquiler de Costaneras tipo C	20	unidades	Q 45.00	Q 900.0
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 27,320.00</b>
<b>No.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Mezcladora	3	días	Q 350.00	Q 1,050.00
<b>TOTAL DE TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE</b>					<b>Q 1,050.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	520	m	Q 10.00	Q 5,200.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 5,200.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 33,570.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>Q 9,306.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 42,876.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 82.45</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

5	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	CAMA DE ARENA DE ASIENTO (e=0.03)	1,560		m <sup>2</sup>	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Arena de río	150	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 30,000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 30,000.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	1560	m <sup>2</sup>	Q 5.00	Q 7,800.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 7,800.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 37,800.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>Q 11,142.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 48,942.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 31.37</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

6	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	ADOQUINADO (0.24 m X 0.22 m X 0.10 m)	1,560		m <sup>2</sup>	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Adoquín, tráfico pesado (280 kg/cm <sup>2</sup> )	35880	unidades	Q 7.50	Q 269,100.00
	Arena de río	15	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 3,000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 272,100.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	1560	m <sup>2</sup>	Q 30.00	Q 46,800.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 46,800.00</b>
				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>Q 318,900.00</b>
				<b>COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 95,550.00</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>	<b>Q 414,450.00</b>
				<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>Q 265.67</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

7	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	LLAVES DE CONFINAMIENTO (0.10 X 0.20m)	156		m	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Cemento	35	sacos	Q 80.00	Q 2,800.00
	Arena de río	5	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 1,000.00
	Piedrín	5	m <sup>3</sup>	Q 250.00	Q 1,250.00
	Hierro No. 3	57	varillas	Q 32.00	Q 1,824.00
	Hierro No. 2	36	varillas	Q 18.00	Q 648.00
	Alambre de amarre	19	lb	Q 8.00	Q 152.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 7,674.00</b>
<b>No.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Mezcladora	3	días	Q 300.00	Q 900.00
<b>TOTAL DE TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE</b>					<b>Q 900.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	156	m	Q 25.00	Q 3,900.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 3,900.00</b>
				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>Q 12,474.00</b>
				<b>COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 3,551.00</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>	<b>Q 16,025.00</b>
				<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>Q 102.72</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

8	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	LLAVE DE REMATE (0.20 X 0.30 m)	15		m	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Cemento	9	sacos	Q 80.00	Q 720.00
	Arena de río	1	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 200.00
	Piedrín	1	m <sup>3</sup>	Q 250.00	Q 250.00
	Hierro No. 3	16	varillas	Q 32.00	Q 512.00
	Hierro No. 2	8	varillas	Q 18.00	Q 144.00
	Alambre de amarre	8	lb	Q 8.00	Q 64.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 1,890.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	15	m	Q 40.00	Q 600.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 600.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 2,490.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>Q 757.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 3,247.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 216.47</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

9	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	SEÑALIZACION VIAL	2		unidad	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Señalización vertical	4	Unidad	Q 90.00	Q 360.00
	Cemento	4	sacos	Q 80.00	Q 320.00
	Arena de río	0.5	m <sup>3</sup>	Q 200.00	Q 100.00
	pedrin	0.5	m <sup>3</sup>	Q 250.00	Q 125.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 905.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	2	unidad	Q 215.00	Q 430.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 430.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 1,335.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>Q 1,165.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 2,500.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 1,250.00</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>IO</b>	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	MEDIDAS DE MTIGACION	800		unidad	
<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Arboles (pilonnes del area)	800	unidad	Q 5.00	Q 4,000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 4,000.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	1560	unidad	Q 1.00	Q 1,560.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 1,560.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 5,560.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>Q (1,040.00)</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 4,520.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 5.65</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>II</b>	Renglón:	Cantidad		Unidad de medida	
	LIMPIEZA GENERAL	1		unidad	
<b>No.</b>	<b>TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Flete de materiales sobrantes	2	viajes	Q 75.00	Q 150.00
<b>TOTAL DE TRANSPORTE Y COMBUSTIBLE</b>					<b>Q 150.00</b>
<b>No.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
	Calificada	1560	m <sup>2</sup>	Q 1.00	Q 1,560.00
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>Q 1,560.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>Q 1,710.00</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>					<b>-Q 1,259.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RENGLON</b>					<b>Q 451.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>Q 451.00</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>Q 702,669.00</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

<b>PRESUPUESTO INTEGRADO</b>					
<b>PROYECTO:</b>		<b>PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.</b>			
<b>MUNICIPIO:</b>		<b>LA BLANCA</b>			
<b>DEPARTAMENTO:</b>		<b>SAN MARCOS</b>			
<b>No.</b>	<b>Descripción del Renglón</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
1	TRAZO Y REPLANTEO	1560	m <sup>2</sup>	Q 2.00	Q 2,614.00
2	CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	1560	m <sup>2</sup>	Q 40.00	Q 33,337.00
3	PREPARACIÓN DE LA BASE (e=0.20)	1560	m <sup>2</sup>	Q 85.71	Q 133,707.00
4	BORDILLOS LATERALES (0.10X0.40 m)	520	m	Q 105.00	Q 42,876.00
5	CAMA DE ARENA DE ASIENTO (e=0.03)	1560	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 48,942.00
6	ADOQUINADO (0.24 m X 0.22 m X 0.10 m)	1560	m <sup>2</sup>	Q 250.00	Q 414,450.00
7	LLAVES DE CONFINAMIENTO (0.10 X 0.20m)	156	m	Q 95.00	Q 16,025.00
8	LLAVE DE REMATE (0.20 X 0.30 m)	15	m	Q 210.00	Q 3,247.00
9	SEÑALIZACION VIAL	2	Unidad	Q 1,500.00	Q 2,500.00
10	MEDIDAS DE MITIGACION	800	Unidad	Q 5.00	Q 4,520.00
11	LIMPIEZA GENERAL	1	unidad	Q 4,470.00	Q 451.00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>Q</b>	<b>702,669.00</b>

Fuente: Jeanner, P. Julio 2022

Anexo 4: Plan de Trabajo.

<b>CRONOGRAMA DE INVERSIÓN FÍSICO Y FINANCIERO</b>																	
<b>PROYECTO:</b>		PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.															
<b>MUNICIPIO:</b>		SAN JOSÉ EL RODEO.															
<b>DEPARTAMENTO:</b>		SAN MARCOS.															
No.	Descripción del Renglón	Cantidad	Unidad	Costo Total	%	1				2				3			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	TRAZO Y REPLANTEO	1560	m <sup>2</sup>	Q 2,614.00	0.37												
2	CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	1560	m <sup>2</sup>	Q 33,337.00	4.74												
3	PREPARACIÓN DE LA BASE (e=0.20)	1560	m <sup>2</sup>	Q 133,707.00	19.03												
4	BORDILLOS LATERALES (0.10X0.40 m)	520	m	Q 42,876.00	6.10												
5	CAMA DE ARENA DE ASIENTO (e=0.03)	1560	m <sup>2</sup>	Q 48,342.00	6.97												
6	ADOQUINADO (0.24 m X 0.22 m X 0.10 m)	1560	m <sup>2</sup>	Q 414,450.00	58.98												
7	LLAVES DE CONFINAMIENTO (0.10 X 0.20m)	156	m	Q 16,025.00	2.28												
8	LLAVE DE REMATE (0.20 X 0.30 m)	15	m	Q 3,247.00	0.46												
9	SEÑALIZACION VIAL	2	unidad	Q 2,500.00	0.36												
10	MEDIDAS DE MITIGACION	800	unidad	Q 4,520.00	0.64												
11	LIMPIEZA GENERAL	1	unidad	Q 451.00	0.06												
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>Q 702,669.00</b>		<b>100.00</b>													
INVERSIÓN MENSUAL ESTIMADA EN %						10.00%				40.00%				50.00%			
INVERSIÓN ACUMULADA EN %						10.00%				50.00%				100.00%			
INVERSIÓN MENSUAL ESTIMADA EN Q.						Q70,266.90				Q281,067.60				Q351,334.50			
INVERSIÓN ACUMULADA EN Q.						Q70,266.90				Q351,334.50				<b>Q702,669.00</b>			

## Anexo 5. Memoria de Calculo Pavimento de Adoquines

**Proyecto:** PROPUESTA DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE MEJORAMIENTO DE CAMINO RURAL CON ADOQUINADO, EN EL TRAYECTO DEL CASERÍO LAS TROJAS A LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.

**Descripción:** Memoria de cálculo para pavimento Articulado (adoquín)

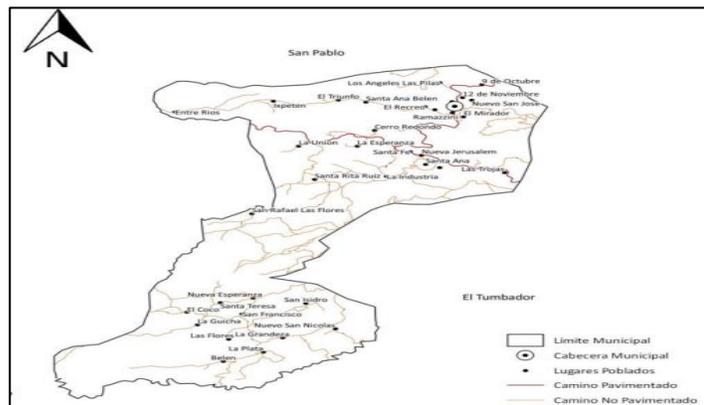
### Aspectos Generales

#### Generalidades

Contiene la propuesta de diseño y análisis del pavimento a utilizar en la propuesta descrita Mejoramiento de camino rural con adoquinado, en el trayecto del caserío Las Trojas a la cabecera Municipal de San José El Rodeo, San Marcos.

#### Ubicación

Mapa 1: Localización Geográfica



Fuente: Información Cartográfica IGN y Municipalidad de San José El Rodeo.

“La cabecera municipal está ubicada en las coordenadas de Latitud Norte 14° 54'50” longitud Oeste 91° 58'33” y se encuentra una altitud promedio de 700 metros sobre el nivel del mar. La parte más alta del municipio se considera que se localiza alrededor de 810 metros sobre el nivel del mar cima del cerro entre la cabecera municipal y 9

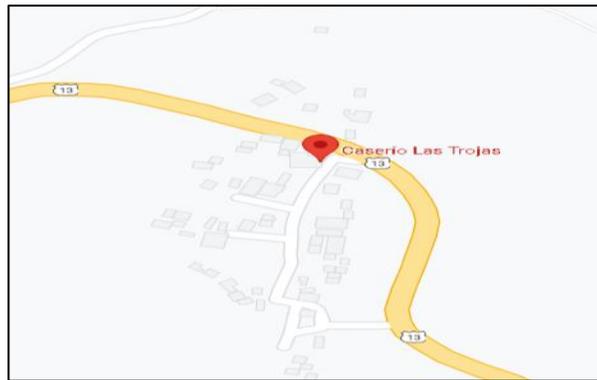
de octubre. La parte más baja se considera que está a 575 metros sobre el nivel del mar cercano al poblado catón Belén”. (Plan de desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial -PDM OT Municipio San José El Rodeo, 2020, pág. 21)

### **Ubicación del Proyecto**

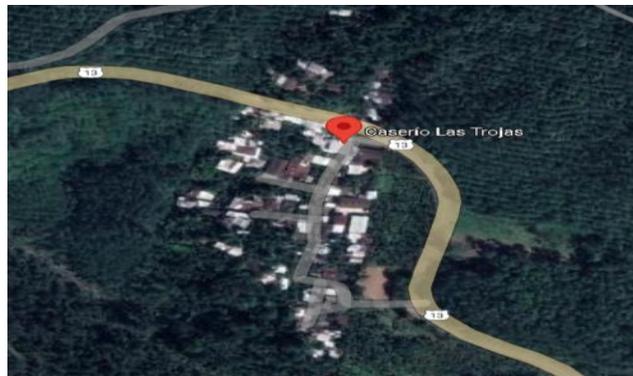
Departamento: San Marcos, Guatemala

Municipio: San José El Rodeo.

Caserío: Las Trojas.



Fuente: Google maps, Ubicación del Caserío Las Trojas



Fuente: Google maps, Ubicación del Caserío Las Trojas

### **Introducción**

**Las Funciones de la estructura de pavimento de adoquines son:**

-Proporcionar una circulación segura y confortable, al mismo tiempo reducir el tiempo de traslado de un lugar a otro.

- crear un acceso a los vehículos de un punto a otro sin afectar su la movilidad debido al clima u otros factores que lleguen a dañar la sub rasante de la infraestructura vial.
- Reducir la contaminación del aire, del medio ambiente y el ruido.

**Los siguientes requisitos estructurales son necesarios para un pavimento de adoquines:**

- Contar con el espesor de sub rasante necesario para resistir la intensidad de las cargas y presiones de vehículos livianos y pesados.
- Aplicar los componentes resistentes para tomar de manera aceptable los esfuerzos impuestos por el tráfico y el clima.

**Fases para el Diseño de pavimento adoquinado**

- Análisis de la capa de sub rasante (suelo natural)
- Selección de los materiales (tipo de pavimentos)
- Estudio del trafico
- Diseño de los espesores de cada capa
- Análisis del ciclo de vida (incluir mantenimiento y tipo de ejecución)
- Determinación de espesores finales.

**Método de diseño**

Podrá ser utilizado cualquier método de diseño estructural respaldado con teorías y experiencias, tales como las metodologías del instituto del Asfalto de la AASHTO – 93. (HERRERA, Mejoramiento de la Accesibilidad peatonal y vehicular de la avenida 21 de marzo)

**Diseño Estructural**

Los siguientes factores se deben tomar en cuenta para efectuar el diseño estructural, en cualquier caso:

- a. Calidad y valor portante del suelo de fundación de la sub – rasante.

- b. Características y volumen del tránsito durante el periodo de diseño
- c. Vida útil del pavimento
- d. Condiciones climáticas y de drenaje
- e. Características geométricas de la vía
- f. Tipo de pavimento a usarse

**Especificaciones técnicas constructivas**

Deben ser elaboradas bajo las condiciones particulares del proyecto.

El cuadro siguiente presenta lo requisitos mínimos que deben tomarse en cuenta para los diferentes tipos de pavimentos:

Cuadro N. 1 Requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimento

Tipo de Pavimento	Flexible	Rígido	Adoquines
Sub - rasante	95% de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado. Suelos Cohesivos - Proctor Estándar.		
	Espesor compactado: $\geq 250\text{mm}$ - Vías locales y colectores. $\geq 300\text{mm}$ - Vías arteriales y expresas		
Sub - base	CBR $\geq 40\%$ 100% compactación Proctor modificado	CBR $\geq 100$ compactación Proctor Modificado	
Base	CBR $\geq 80\%$ 100% compactación Proctor Modificado	N. A.	CBR $\geq 100\%$ compactación Proctor Modificado

Fuente: Aldo Greco Nuñonca Herrera, Mejoramiento de la Accesibilidad peatonal y vehicular de la avenida 21 de marzo)

## Consideraciones de Diseño

### Tránsito

Al no contar con datos disponibles sobre el EALs, se considera un valor de la tabla que se muestra en la imagen siguiente los cuales son parte del método de ICPI, según el tipo de la vía. EALs diseño = 8,300,000. (HERRERA, Mejoramiento de la Accesibilidad peatonal y vehicular de la avenida 21 de marzo)

Imagen N. 1 Designacion de valor EALs.

Road Class	EALs* (millions)	Reliability Factor	Design EALs* (millions)
<b>Arterial or Major Streets</b>			
Urban	7.5	3.775	28.4
Rural	3.6	2.929	10.6
<b>Major Collectors</b>			
Urban	2.8	2.929	8.3
Rural	1.5	2.390	3.5
<b>Minor Collectors</b>			
Urban	1.3	2.390	3.0
Rural	0.55	2.390	1.3
<b>Commercial/Multi-Family Locals</b>			
Urban	0.43	2.010	0.84
Rural	0.28	2.010	0.54

*\*Assume a 20 year design life.*

Fuente: Aldo Greco Nuñonca Herrera, Mejoramiento de la Accesibilidad peatonal y vehicular de la avenida 21 de marzo)

### Medio Ambiente

Debido a las condiciones climáticas que se esperan para la sub rasante y en relación a la imagen siguiente, se recomienda:

- la humedad expuesta en el pavimento sea entre el 5% al 25% (como regla principal).
- contar con un drenaje regular

En la imagen siguiente se adopta la opción número dos para el establecimiento de la resistencia de la sub rasante.

Imagen N. 2 Tabla F5 Opciones de medioambiente y drenaje

TABLA F5				
Opciones de Medioambiente y Drenaje para Caracterización de la Sub-rasante (Ref. 2)				
Calidad de Drenaje	Porcentaje de Tiempo que el Pavimento Estará Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	>25%
Excelente	3	3	3	2
Bueno	3	3	2	2
Regular	3	2	2	1
Pobre	2	2	1	1
Muy Pobre	2	1	1	1

Fuente: Aldo Greco Nuñonca Herrera, Mejoramiento de la Accesibilidad peatonal y vehicular de la avenida 21 de marzo)

### **Determinación de los Espesores del Pavimento**

- Espesor adoquines de concreto = 6 cm
- Espesor capa de soporte de arena = 5 cm
- Espesor total de la base granular = 19.5 cm
- Espesor mínimo requerido de base granular = 20 cm
- Espesor sub base granular = 8 cm

### **Resistencia de la Sub - Rasante**

Para el tipo de suelo (ML) y la condición ambiental (opción 2) se elige un  $M_r = 15,000$  psi (102 Mpa)

### **Descripción del Proyecto**

A través de la memoria de cálculo se tiene como fin el diseño estructural del pavimento de adoquines. los elementos que integran el proyecto se efectuaron en base a las normas Internacionales ACI, ASTM, secretaria de Integración Económica Centroamericana en el manual de diseño de pavimentos (SIECA) y las normas nacionales de la Dirección General de Caminos (DGC).

### **Normas Empleadas**

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

-Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos (DGC).

### **Cargas de Diseño**

Para carreteras rurales según cálculos efectuados y el TPDA es de 92 y con 52,649 ESAL'S.

### **Materiales**

Resistencia para adoquines.  $f' c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (Adoquines Clase B, para tráfico liviano).

Módulo de elasticidad.  $E = 198431.34 \text{ kg/cm}^2$ .  $f' c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson.  $U = 0.15$

Peso Específico.  $Yc = 2,300 \text{ kg/m}^3$  (concreto simple);  $2,400 \text{ kg/m}^3$  (concreto armado)

### **Diseño de pavimento de adoquín**

#### **Determinación de serviciabilidad**

Se determina como, Técnica del pavimento ya que tiene como fin, servir al tipo de tráfico, livianos y pesados que circulan en la carretera, el procedimiento contempla una escala de cero a cinco, en donde el cero indica un pavimento intransitable, y cinco significa un pavimento en condiciones óptimas. El valor obtenido dará a conocer el tipo de vía con el que cuenta una población. (SNIP – SEGEPLAN, 2021).

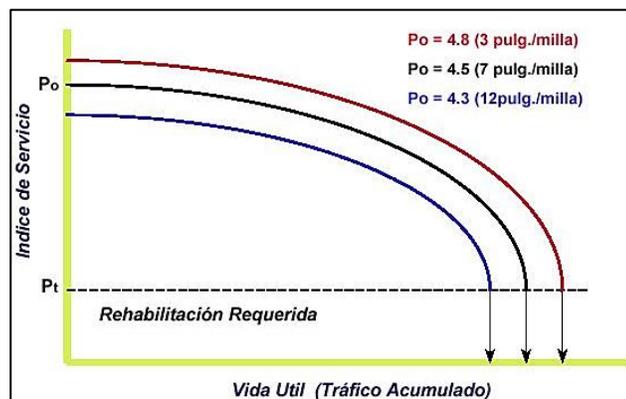
El índice de serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) es el estado en el que se encuentra un pavimento seguidamente después de la construcción del mismo. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

Los métodos de diseño deben ser tomados en cuenta para considerar el índice de serviciabilidad que se le dará al pavimento, ya que brindará la información necesaria para saber la calidad de la capa de rodadura, o el tiempo de vida útil el cual se da a

conocer con el mejor índice de serviciabilidad inicial que se obtenga. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

Para el diseño de pavimento de adoquín se tomó en cuenta el valor de  $P_o = 4.5$

Figura N. 1 Diseño mecanicista de pavimento de hormigón método AASHTO. (Mejor índice de serviciabilidad inicial mayor será su vida útil.



Fuente American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

El índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ) es la calificación que se espera obtener del pavimento al final de su vida útil. El menor valor de serviciabilidad final se admite, ya que dará a entender por anticipado ejecutar una rehabilitación, un refuerzo o la reconstrucción de la misma.

Al no obtener un menor valor, dará a entender que la carretera en la cual se realizó el estudio, no requiere de ningún procedimiento de seguridad o de confort. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

En Guatemala los índices de serviciabilidad final ( $P_t$ ), son tomados en cuenta los siguientes datos:

Para un pavimento urbano secundario, se toma en cuenta el valor de 1.5 para serviciabilidad final ( $P_t$ )

Cuadro N. 2 Índice de serviciabilidad final (Pt)

Tipo de camino	Serviciabilidad final (Pt)
Autopistas	2.5
Carreteras	2.0
Zonas Industriales	1.8
Pavimentos Urbanos Principales	1.8
Pavimentos Urbanos Secundarios	1.5

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

### **Determinación de la resistencia de la Sub rasante**

La capacidad portante, se refiere al módulo de reacción que tiene el terreno natural el cual servirá de soporte a la estructura del pavimento. El ensayo de laboratorio que brinde un CBR 38, dará a conocer una excelente sub rasante para la aplicación de la carretera. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

### **Determinación del Módulo de Ruptura**

Las propiedades del concreto que contribuyen en el diseño y en el comportamiento a lo largo de su vida útil, se dan a conocer a continuación: (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

- Resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de elasticidad del concreto (Ec)

Se recomienda que las especificaciones de resistencia sean de acuerdo al pavimento que trabaja a flexión, ya que se debe considerar la resistencia del concreto que es afectado por los esfuerzos de flexión los cuales se consideran como resistencia a flexión por tensión ( $S'c$ ) o Módulo de ruptura (MR), por lo general se especifica a los 28 días. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

El Módulo de Ruptura (MR) que se tomó en cuenta para el diseño de la infraestructura del caserío es el de pavimentos urbanos secundarios el cual se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N.3 Módulo de Ruptura (MR)

Tipo de pavimento	MR recomendado	
	kg/cm <sup>2</sup>	PSI
Autopistas	48	682.7
Carreteras	48	682.7
Zonas Industriales	45	640.1
Pavimentos Urbanos Principales	45	640.1
Pavimentos Urbanos Secundarios	42	597.4

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

Para zonas urbanas secundarias se determina un Módulo de Ruptura de 42 kg/cm<sup>2</sup>

### **Determinación del Coeficiente de Drenaje**

Uno de los factores importantes es el tipo de drenaje en un pavimento de adoquines, ya que afecta de forma positiva en comportamiento de la estructura a lo largo de su vida útil y al mismo tiempo en el diseño del mismo. La evaluación se lleva a cabo con el coeficiente de drenaje (Cd) el cual dependerá de los siguientes puntos: (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

-Calidad de drenaje: se da con la determinación del tiempo en el cual el agua infiltrada sea evacuada de la estructura del pavimento. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

-Exposición a la saturación: es el porcentaje de tiempo en el transcurso del año en el cual el pavimento se encuentra expuesto a niveles de humedad los cuales se acercan a la saturación. Tanto las precipitaciones, como las condiciones del drenaje serán de suma importancia para dar a conocer el valor de saturación. A continuación, se dan a conocer varias categorías del drenaje: (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

Cuadro N. 4 Calidad de Drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada
Excelente	El suelo libera el 50% de agua en 2 horas
Bueno	El suelo libera el 50% de agua en 1 día
Mediano	El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días
Malo	El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

Una vez determinado el coeficiente de drenaje (Cd), se logran obtener los valores del siguiente cuadro:

Cuadro N. 5 Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Mala	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy mala	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

Al tener presente que la base facilita la liberación del agua y la calle cuenta con una pendiente, lo cual hace posible que los fluidos desemboquen hacia los bordes, y por otra parte las rejillas de las cunetas capten y evacuen el agua. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

Al tomar en cuenta la calidad de drenaje como bueno al mismo tiempo la exposición a la humedad próxima a la saturación, brinde un valor que sea el numeral 1. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

### **Determinación de la Confiabilidad y Desviación Estándar**

Se define como el comportamiento que tendrá un pavimento en el transcurso de su vida útil en condiciones idóneas en la etapa de operación. (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

Los datos de confiabilidad en Guatemala se dan a continuación:

Cuadro N. 6 Determinación de Confiabilidad

<b>Tipo de pavimento</b>	<b>Confiabilidad R</b>
Autopistas	95%
Carreteras	80%
Rurales	70%
Zonas Industriales	65%
Urbanos Principales	60%
Urbanos Secundarios	50%

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

Para caminos rurales se toma en cuenta el valor de confiabilidad R del 70%.

La confiabilidad va asociada con la desviación estándar ( $S_o$ ) llamada también error estándar, así mismo tiene relación con el factor de seguridad. El error estándar indica el número de ejes que puede tolerar el pavimento hasta que el índice de serviciabilidad se reduzca hasta un determinado índice de servicio final ( $P_t$ ). (SNIP – SEGEPLAN, 2021)

La relación entre la desviación estándar ( $S_o$ ) y el índice de confiabilidad (R), se dan a continuación:

Cuadro N.7 Relación de desviación estándar (So) con índice de confiabilidad (R).

Desviación estándar (So)	Confiabilidad (R)					
	50%	60%	70%	80%	90%	95%
0.30	1.00	1.19	1.44	1.79	2.42	3.12
0.35	1.00	1.23	1.53	1.97	2.81	3.76
0.39	1.00	1.26	1.6	2.13	3.16	4.38
0.40	1.00	1.26	1.62	2.17	3.26	4.55

Fuente: Mejoramiento de camino Rural (adoquinado) caserío El Mirador, cantón Pujujil II, Sololá, 2021

Área de trabajo: 1,560 m<sup>2</sup>

Longitud del Proyecto: 260 ml

Longitud de llaves: 156 ml

Sección de llaves: 0.1 – 0.2

Espesor de base: 0.2 mt

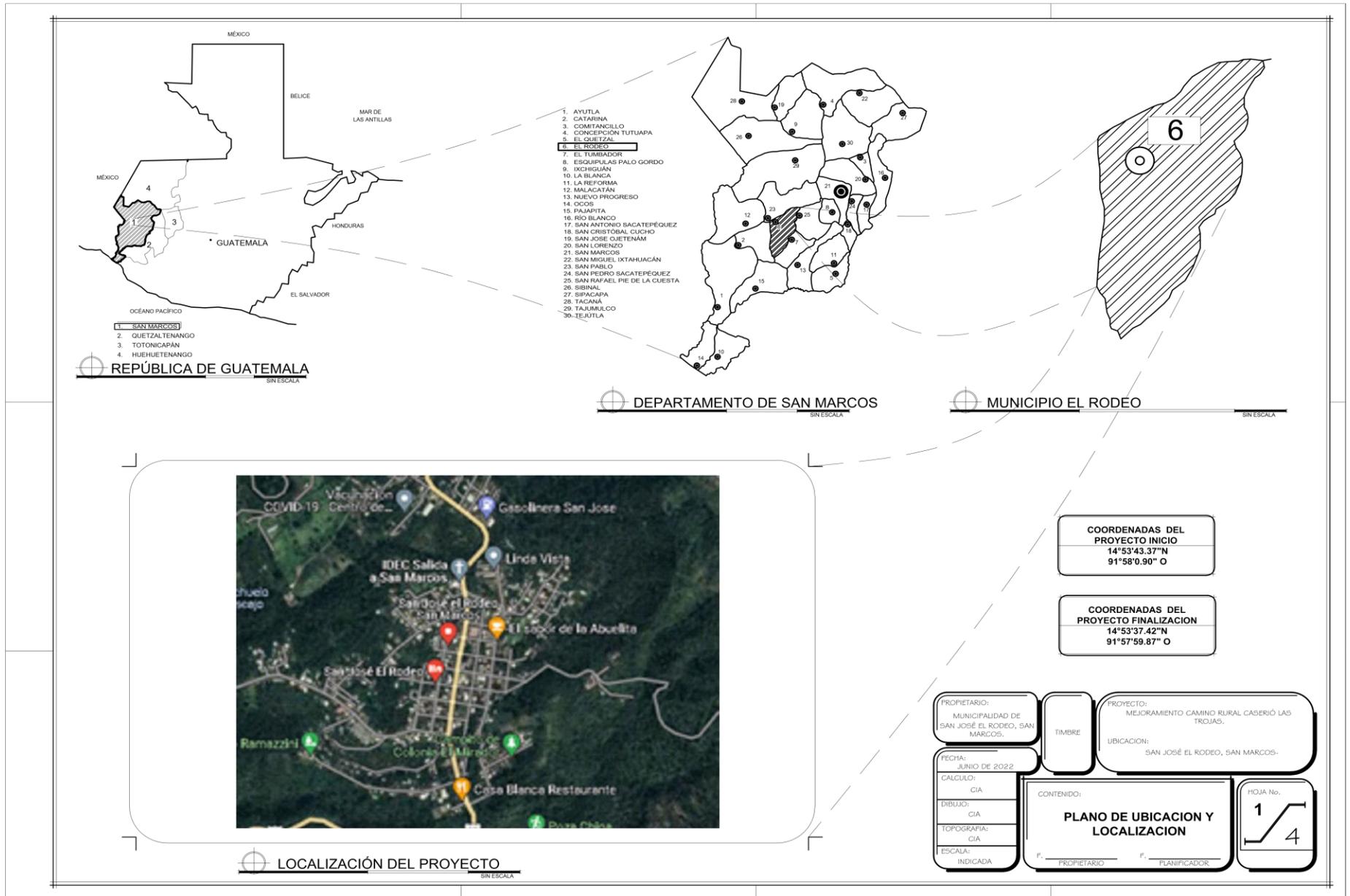
Longitud de bordillo: 520 mt

Sección de bordillo: 0.1 – 0.2

### Conclusión

Los adoquines tendrán un espesor de entre 6 a 10 cm con una resistencia a la compresión de  $f' c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (Adoquines Clase B, para tráfico liviano). El adoquín podrá estar asentado sobre una capa de arena gruesa de 3 a 5cm y al mismo tiempo contar con una base de entre 10.50 a 19.50 cm de espesor.

# Anexo 6: Planos de obra vial.



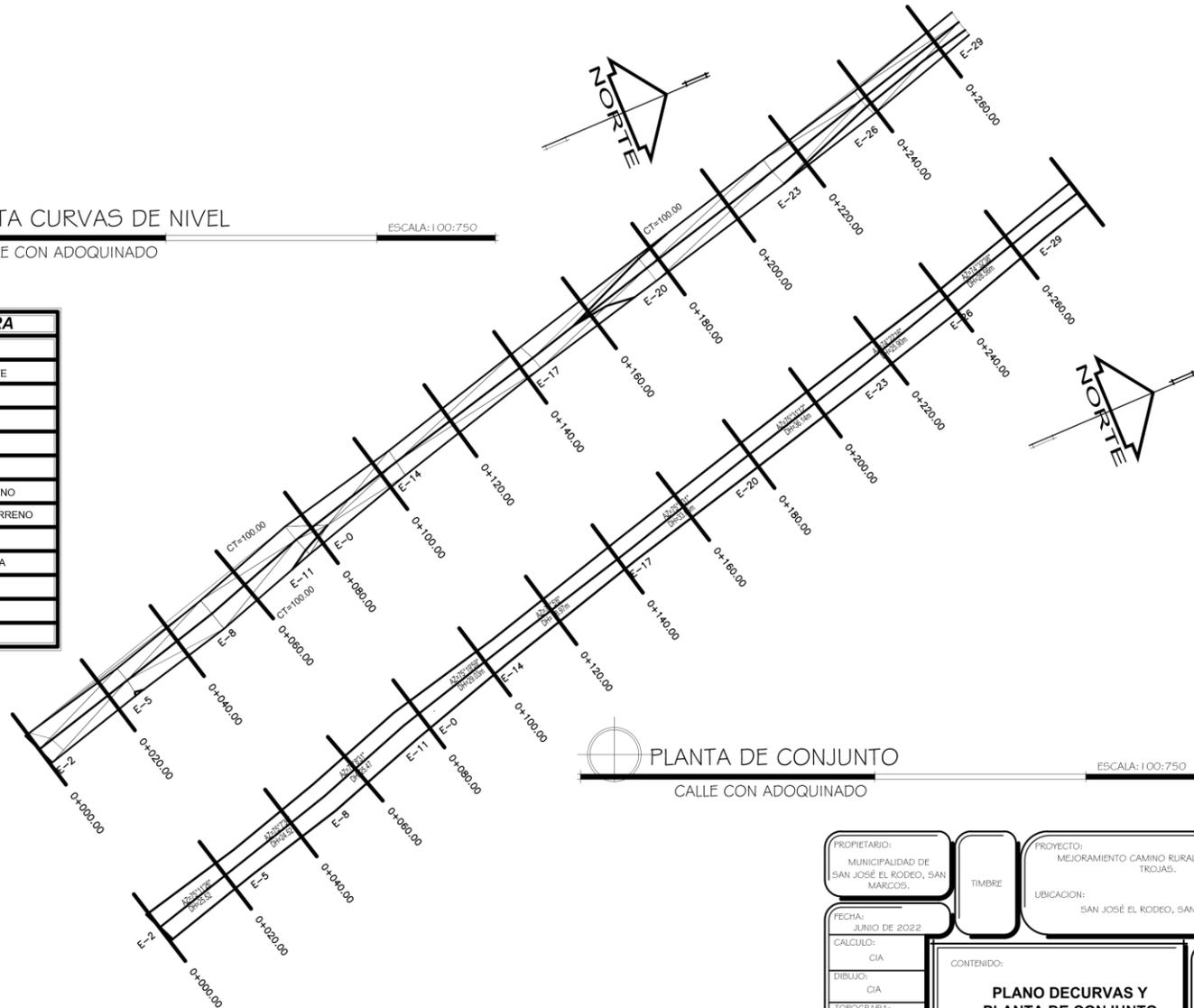


### PLANTA CURVAS DE NIVEL

CALLE CON ADOQUINADO

ESCALA: 1:00:750

NOMENCLATURA	
AZ	AZIMUT
S= %	DIRECCION DE PENDIENTE
E	ESTACION
EX	ESTACION AUXILIAR
H	ESCALA HORIZONTAL
V	ESCALA VERTICAL
	INDICA CORTE DE TERRENO
	INDICA RRELLENO DE TERRENO
	INDICA PERFIL NATURAL
	COTA RAZANTE DISEÑADA
CT=	COTA DE TERRENO
RZ=	COTA RAZANTE
0+000.00	DISTANCIA ACUMULADA



### PLANTA DE CONJUNTO

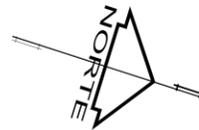
CALLE CON ADOQUINADO

ESCALA: 1:00:750

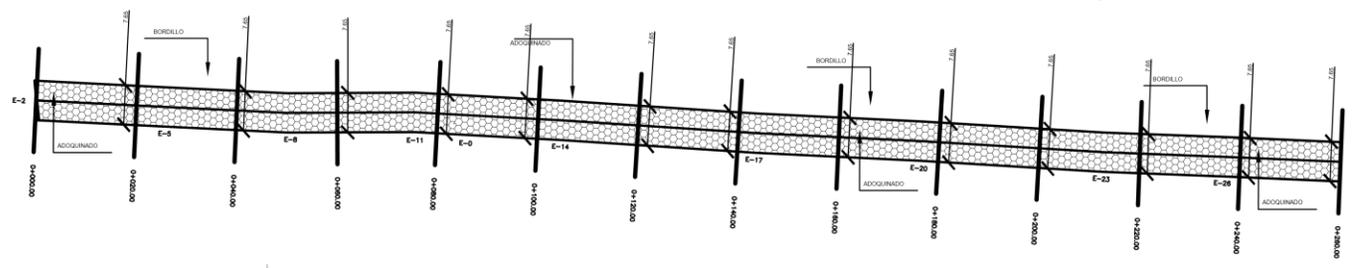
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.	TIMBRE	PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CASERÍO LAS TROJAS.
FECHA: JUNIO DE 2022		UBICACION: SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.
CALCULO: CIA	<b>PLANO DE CURVAS Y PLANTA DE CONJUNTO</b>	
DIBUJO: CIA		
TOPOGRAFIA: CIA		
ESCALA: INDICADA		
F. PROPIETARIO		F. PLANIFICADOR

HOJA No.

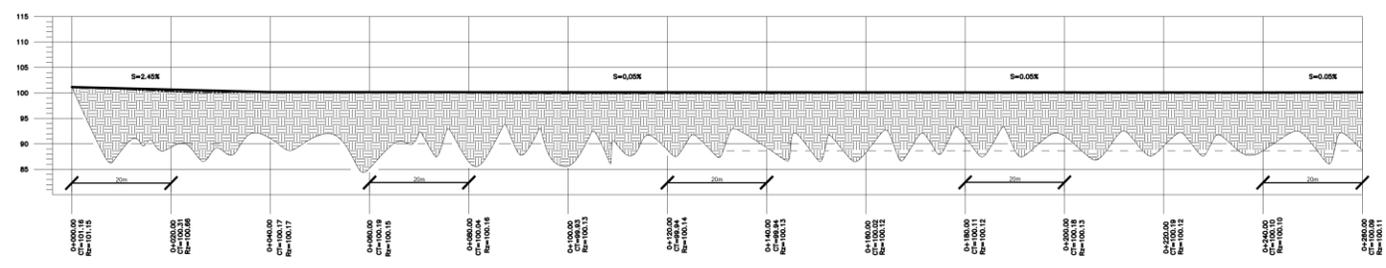
**2** / **4**



NOTA:  
EN LOS ANCHOS INDICADOS EN PLANOS ESTÁN INCLUIDOS  
LOS BORDILLOS LATERALES CON UN ESPESOR DE 0.10  
METROS.



PLANTA  
CALLE CON ADOQUINADO  
ESCALA: 1 00:420



PERFIL  
CALLE CON ADOQUINADO  
ESCALA: 1 00:420

NOMENCLATURA	
AZ	AZIMUT
S+ %	DIRECCION DE PENDIENTE
E	ESTACION
EX	ESTACION AUXILIAR
H	ESCALA HORIZONTAL
V	ESCALA VERTICAL
	INDICA CORTE DE TERRENO
	INDICA RRELLENO DE TERRENO
	INDICA PERFIL NATURAL
	COTA RAZANTE DISENADA
CT+	COTA DE TERRENO
Rz+	COTA RAZANTE
0+000.00	DISTANCIA ACUMULADA

PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.	TIMBRE	PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CASERÍO LAS TROJAS.
FECHA: JUNIO DE 2022	<p>CONTENIDO:</p> <p><b>PLANO DE PLANTA Y PERFIL</b></p>	UBICACION: SAN JOSÉ EL RODEO, SAN MARCOS.
CALCULO: CIA		HOJA No. <b>3</b> 4
DIBUJO: CIA		
TOPOGRAFIA: CIA		
ESCALA: INDICADA	F. PROPIETARIO	F. PLANIFICADOR

