



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA
CARRETERA DE CA-4-TRINIDAD DE COPÁN, 2014**

SUSTENTADO POR:

JOSELYNE LIZETH POSADAS AGUILAR

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS,
C.A.**

JULIO 2014

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

LUIS ORLANDO ZELAYA MEDRANO

SECRETARIO GENERAL

JOSÉ LÉSTER LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

MARLON BREVÉ REYES

DECANA DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

DESIREE TEJADA

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA
CARRETERA DE CA-4-TRINIDAD DE COPÁN, 2014**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN**

MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ASESOR METODOLÓGICO

JUAN JACOBO PAREDES HELLER

ASESOR TEMÁTICO

FRANCISCO MONTES

MIEMBROS DE LA TERNA

JESSY AYESTAS

OSCAR CARDONA



FACULTAD DE POSTGRADO

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA CA-4-TRINIDAD DE COPÁN, 2014

AUTOR:

JOSELYNE LIZETH POSADAS AGUILAR

RESUMEN

La pavimentación de la carretera que conduce al municipio Trinidad de Copán, fue adjudicada por el Fondo Vial en el año 2013. Esta investigación pretende evaluar los aspectos técnicos de la pavimentación de dicho tramo. Actualmente se está pavimentando la carretera CA-4-Trinidad de Copán, con concreto hidráulico, proyecto que requiere aproximadamente una inversión de 45.0 millones de Lempiras. Utilizando un enfoque metodológico mixto, transversal, descriptivo y correlacional, se realizaron entrevistas, visita de campo, análisis técnicos y revisión de literatura como fuentes secundarias. De acuerdo a la evaluación de los aspectos técnicos, se puede decir que la mejor alternativa de pavimentación es una carpeta de concreto asfáltico, ya que requiere una inversión inicial de 29.46 millones de Lempiras, así mismo, es capaz de soportar la cantidad de vehículos que transitan por el tramo y en la zona se encuentran los materiales con las características necesarias para conformar la estructura de pavimento.

Palabras Clave: pavimento, concreto hidráulico, concreto asfáltico, inversión, carretera.



**FACULTAD DE POSTGRADO
TECHNICAL ASSESSMENT OF PAVING ROAD
CA-4-TRINIDAD DE COPAN, 2014
BY:
JOSELYNE LIZETH POSADAS AGUILAR**

ABSTRACT

This research aims to assess the technical aspects of the paving of this section. Currently the CA-4-Trinidad de Copán road is being paved with hydraulic concrete and requires an investment of approximately 45.0 million Lempiras. Using a mixed cross-sectional, descriptive, correlational, methodological approach, interviews, field visits, technical analysis and literature review of secondary sources is being conducted. According to the evaluation of the technical aspects, we can say that the best alternative of paving is a layer of asphalt concrete, it requires an initial investment of 29.46 million Lempiras, likewise, is able to support the number of vehicles passing through the stretch and in the area are the materials with the necessary characteristics to form the pavement structure.

Keywords: pavement, cement concrete, asphalt concrete, investment, road.

DEDICATORIA

Dedico primeramente a Dios por la salud, sabiduría y fortaleza que me ha dado para culminar una etapa más de mi vida profesional, por iluminar mi mente y ayudarme en todo momento que le pedí dirección para culminar con éxito esta tesis.

MIS PADRES, por ser un apoyo incondicional en todo momento.

MI ESPOSO, por estar siempre a mi lado y ser el motivo por el cual sigo adelante.

Joselyne Lizeth Posadas Aguilar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor metodológico Dr. Juan Jacobo Paredes Heller por brindarme su apoyo en la elaboración de la tesis de graduación.

Al Ing. Francisco Montes, por su apoyo como asesor temático. A todos los catedráticos por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

A las autoridades profesionales del Fondo Vial por su colaboración y la información brindada.

A las autoridades profesionales de Consultores en Ingeniería S.A. de C.V. por su inmensa colaboración y la información brindada.

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa.

Joselyne Lizeth Posadas Aguilar

CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	5
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	9
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO.....	9
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO	15
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO.....	17
2.2 TEORÍAS.....	19
2.2.1 TEORÍA DE SUSTENTO	19
2.2.1.1 VÍAS DE COMUNICACIÓN	20
2.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS	23
2.2.1.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	24
2.2.1.4 DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	27
2.2.1.5 MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS	29
2.2.1.6 ESTUDIO DE INGENIERÍA ECONÓMICA.....	30
2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	32
2.2.2.1 ASFALTO	32
2.2.2.2 HORMIGÓN	32
2.2.2.3 CARRETERA	32
2.2.2.4 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS	33

2.2.2.5 INGENIERÍA DE TRÁNSITO.....	33
2.2.2.6 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO.....	33
2.2.2.7 COSTO	34
2.2.2.8 RESISTENCIA DE MATERIALES.....	34
2.2.2.9 MATENIMIENTO VIAL.....	34
2.2.2.10 MATENIMIENTO RUTINARIO	34
2.2.2.11 MANTENIMIENTOPERIÓDICO	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	36
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	36
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA.....	36
3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	37
3.1.3 HIPÓTESIS	40
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	41
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	44
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN	47
3.6 LIMITANTES DEL ESTUDIO	48
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	49
4.1 ANÁLISIS TÉCNICO	49
4.1.1 CANTIDAD DE VEHÍCULOS	50
4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES.....	68
4.1.3 COSTOS INICIALES DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO	77
4.1.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA	83
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1 CONCLUSIONES.....	85
5.2 RECOMENDACIONES	87
CAPITULO VI. APLICABILIDAD.....	88
ANEXO 1.....	100
ANEXO 2.....	102
ANEXO 3.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costos del tramo: CA-4, La Entrada-Santa Rosa de Copán.....	3
Tabla 2 Red de carreteras a nivel mundial	9
Tabla 3 Carreteras pavimentadas en México	13
Tabla 4 Carreteras 1985-2002.....	16
Tabla 5 Clasificación de carreteras	20
Tabla 6 La Matriz Metodológica.....	37
Tabla 7 Operacionalización de las variables	40
Tabla 8 Alternativas de pavimentación Diseño Original Fondo Vial SOPTRAVI	49
Tabla 9 Tráfico promedio diario, sentido 1.....	52
Tabla 10 Tráfico promedio diario, sentido 2.....	53
Tabla 11 Proyección tráfico promedio diario al 2014, sentido 1	54
Tabla 12 Proyección tráfico promedio diario al 2014, sentido 2	55
Tabla 13 Cantidad por tipo de vehículo	58
Tabla 14 Tasas de crecimiento adoptadas	59
Tabla 15 Tráfico diario y proyectado por tipo de vehículo	60
Tabla 16 Cálculo de ESAL's	61
Tabla 17 Datos de Entrada.....	63
Tabla 18 Datos de Entrada.....	66
Tabla 19 Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes	67
Tabla 20 Especificaciones Técnicas de la estructura del pavimento.....	68
Tabla 21 Resumen de muestras de suelos de la sub rasante	69
Tabla 22 Muestra de base, estación 115+713.....	72
Tabla 23 Propiedades de la sub base	74
Tabla 24 Propiedades de la grava y arena	76
Tabla 25 Presupuesto Alternativa 1.....	78
Tabla 26 Presupuesto Alternativa 2.....	79
Tabla 27 Costos de mantenimiento, año 2034	81
Tabla 28 Costos de mantenimiento pavimento hidráulico	81

Tabla 29 Costos de mantenimiento, año 5, 10 y 15	82
Tabla 30 Costos de mantenimiento pavimento asfáltico	83
Tabla 31 Comprobación de la hipótesis nula.....	84
Tabla 32 Verificación de la concordancia del documento con el plan de acción	88
Tabla 33 Presupuesto de Construcción.....	91
Tabla 34 Programa tentativo de construcción	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Proyecto: CA-4-Trinidad de Copán	2
Figura 2 Inversión realizada en diferentes carreteras.....	4
Figura 3 Brecha del Problema	6
Figura 4 Ancho de calzada para carreteras.....	22
Figura 5 Sección de Pavimento Flexible	23
Figura 6 Sección Pavimento Rígido	24
Figura 7 Enfoque de estudio de ingeniería económica.....	31
Figura 8 Diagrama de las variables	38
Figura 9 Estructura metodológica.....	42
Figura 10 Alternativas de Pavimentación	50
Figura 11 Tráfico promedio diario, 2014.....	56
Figura 12 Ecuación para el cálculo de espesor de losa	62
Figura 13 Ecuación empírica ASSTHO 1993, pavimento rígido	64
Figura 14 Ecuación para determinar el número estructural	65
Figura 15 Ecuación empírica ASSTHO 1993, pavimento flexible.....	66
Figura 16 Programa tentativo de construcción	92

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo contiene información necesaria para el estudio “Evaluación Técnico-Financiera de la pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán”, se describe el objeto de estudio partiendo de la introducción y los antecedentes que lo fundamentan. Así mismo, se plantea la formulación del problema, la definición del objetivo general, los objetivos específicos y la justificación que define la necesidad de la investigación.

1.1 INTRODUCCIÓN

Los gobiernos políticos en Honduras, sin excepción alguna, le han negado a la población, su derecho a ser partícipe en la toma de decisiones sobre cómo distribuir e invertir los recursos públicos. Por lo tanto, pareciera que se ha arraigado la costumbre de simplemente “confiar” en que los recursos se distribuirán de manera equitativa, o en el peor de los casos, creer que no hay ninguna otra manera de distribuir el presupuesto nacional. («asignacion_publica_de_recursos.pdf», s. f., p. 5)

Cada año, la aprobación en el manejo de los recursos económicos ha sido un problema, por lo cual, se debería realizar una correcta evaluación en cada uno de los proyectos, y de esa manera tomar las mejores decisiones, y orientarlas a inversiones que beneficien a la mayoría del pueblo hondureño. En el 2013, el Gobierno de Honduras, por medio del Fondo Vial, contrató los servicios de construcción y supervisión, para iniciar con los trabajos de pavimentación con concreto hidráulico, con el proyecto: “Obras de Mejoramiento y Pavimentación en tramos varios de la Red Vial Nacional, Tramo: Ruta CA-4-Trinidad, Departamento de Copán, con una longitud contractual de 3.80 kilómetros”.

El presente estudio está dirigido a la evaluación de los aspectos técnicos de la pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán, para determinar cuál es la mejor alternativa de pavimentación.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Trinidad de Copán, es un municipio que colinda al norte con el municipio de San Nicolás, al Sur con el municipio de San José, al este con el municipio de El Naranjito y al oeste con el municipio de San Jerónimo y Dolores, está situado sobre la carretera de occidente.



Figura 1 Ubicación del Proyecto: CA-4-Trinidad de Copán

Fuente: (Fondo Vial, 2012)

El tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán, tiene 3.8 kilómetros de longitud, inicia en la carretera de Occidente Ruta CA-4, entre La Entrada, Copán y Santa Rosa de Copán, a 14 kilómetros aproximadamente de La Entrada y a 25 kilómetros aproximadamente de Santa Rosa de Copán. El mejoramiento del acceso traerá comodidad, seguridad vial, menor tiempo de recorrido y ahorro en costos de operación de los usuarios de la vía. Sin embargo, para realizar la pavimentación de concreto hidráulico, se necesitan aproximadamente cuarenta y seis millones de Lempiras (L.46,000,000.00), lo que representa una suma considerable de dinero.

Como se menciona anteriormente, el desvío que conduce a la comunidad de Trinidad de Copán, se encuentra ubicado sobre la carretera ruta CA-4, La Entrada-Santa Rosa de Copán que consta de una longitud de 44.00 km, ésta importante vía de comunicación, sirve para el transporte del intercambio comercial con Centroamérica pues por esta vía transitan vehículos livianos, buses, camiones pesados hacia las Repúblicas de El Salvador y Guatemala, y viceversa.

De acuerdo al diagnóstico realizado por COALIANZA en el 2012, esta carretera se encuentra muy dañada, por lo que requiere la inversión que se muestra en el cuadro detallado a continuación:

Tabla 1 Costos del tramo: CA-4, La Entrada-Santa Rosa de Copán

No. DE ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA	COSTO (L.)	COSTO (\$)
1	25 centímetros de base reciclada, refuerzo 15 centímetros de base, 6 cm de concreto asfáltico convencional y 4 cm de concreto asfáltico con polímeros	925,440,073.66	44,068,574.94
2	25 centímetros de base reciclada, refuerzo 15 centímetros de base, y 2 capas de 5 cm de concreto asfáltico convencional (total 10 cm de asfalto)	915,876,337.14	43,613,158.91
Factor de cambio del dólar: L. 21.00			

Fuente: (COALIANZA, 2012)

Es así, que invertir cuarenta y seis millones de lempiras (L.46,000,000.00), en una carretera vecinal cuando muy próxima a ésta se encuentra una carretera principal de mucha importancia para el país, se vuelve una decisión con poco fundamento por la necesidad de inversión en carreteras más importantes.

Otro aspecto importante acerca de la inversión de recursos en redes viales, es el mantenimiento periódico y rutinario que brinda el Fondo Vial a diferentes carreteras de la red vial oficial de Honduras. En el 2012, Fondo Vial invirtió en el mantenimiento rutinario de la carretera CA-4, La Entrada-Santa Rosa de Copán, el cual consistió básicamente en realizar un bacheo asfáltico a lo largo del tramo, dicha inversión fue de aproximadamente veinticinco millones de lempiras, que si bien es cierto no dejaron la

carretera en óptimas condiciones, ayudó a reducir los costos de operación de los usuarios, accidentes en la vía, incremento de la seguridad vial, entre otros. En la figura a continuación se puede observar como la cantidad de dinero que se está invirtiendo a 3.8 kilómetros de carretera supera, el mantenimiento rutinario brindado a una de las carreteras más importantes del país.

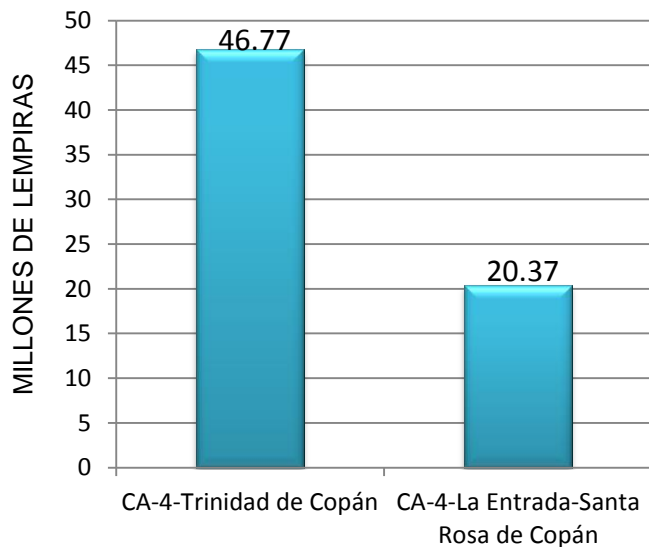


Figura 2 Inversión realizada en diferentes carreteras

Como se puede observar en la Figura 2, la inversión que se está realizando actualmente en la carretera CA-4-Trinidad de Copán, debería de ser menor, para poder invertir los recursos económicos en carreteras de mayor importancia para Honduras.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A continuación se presenta el enunciado y la formulación del problema, y las interrogantes de investigación.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La construcción de carreteras es una forma de mejorar la calidad de vida de las personas, por tal razón, la pavimentación de tramos carreteros a comunidades como Trinidad de Copán es de mucha importancia, no solo para los habitantes de la zona, sino también para el país en general. La comunidad de Trinidad de Copán se dedica a actividades de agricultura y ganadería, entre las que se pueden mencionar el cultivo de café, caña, cría de ganado, entre otras; no hay indicios racionales de un crecimiento repentino, su tendencia es moderada. El tráfico mayor es el pick up, que es capaz de subir por caminos tortuosos e improvisados, para recoger sus productos agrícolas, por lo que la pavimentación de este tramo significa, no solamente desarrollo económico, sino también, mayor comodidad de los usuarios.

Actualmente se está realizando la pavimentación del tramo con concreto hidráulico valorado en aproximadamente 32 millones de lempiras, sin embargo, para realizar una inversión de este tipo se hace necesario analizar cuál es la mejor alternativa de pavimentación, desde el punto de vista técnico y económico para lo cual el presente trabajo pretende analizar de acuerdo a la cantidad de vehículos por día, resistencia de los materiales que conformarán la estructura de pavimento y costos iniciales de construcción y mantenimiento, la decisión de pavimentar con concreto hidráulico o con concreto asfáltico.

En la figura a continuación se muestra la brecha del problema, en la que se muestra cuánto cuesta pavimentar un kilómetro con concreto hidráulico y con concreto asfáltico:

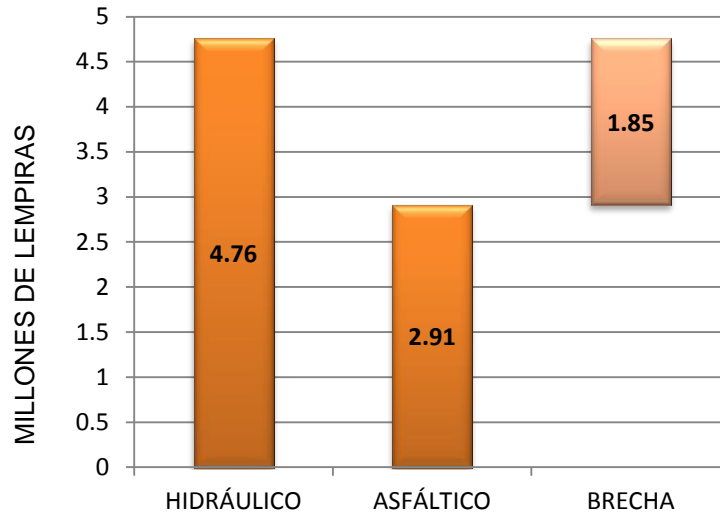


Figura 3 Brecha del Problema

Como se puede observar en la figura 3, la diferencia de inversión es de 1.85 millones de Lempiras, lo que representa porcentualmente una diferencia del 38%.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para poder tomar una decisión acerca del tipo de pavimentación que requiere el tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán, es necesario, entre otros, formular la siguiente pregunta que servirá como referencia para tomar una decisión.

¿Cuál es la relación de la cantidad de vehículos por día, características de los materiales y costos iniciales de construcción y mantenimiento, en seleccionar la alternativa de pavimentación asfáltica versus concreto hidráulico en la carretera CA-4-Trinidad de Copán 2014?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Partiendo de la definición del problema y de la pregunta general se derivan las siguientes interrogantes de investigación.

- 1) ¿Cuál es la mejor alternativa de pavimentación considerando la cantidad de vehículos que se trasladan en la carretera CA-4-Trinidad de Copán?
- 2) ¿Cuál es la mejor alternativa de acuerdo a las características de los materiales para la sub rasante, base y sub base?
- 3) ¿Cuál es la mejor alternativa de pavimentación considerando los costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento de ambas (concreto hidráulico y concreto asfáltico)?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos, que ayudarán a expresar con claridad lo que se aspira con la presente investigación.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

De acuerdo al planteamiento del problema se ha logrado establecer el siguiente objetivo general:

Evaluar de acuerdo la cantidad de vehículos diarios, características de los materiales, y costos iniciales de construcción y mantenimiento, la pavimentación de concreto asfáltico versus concreto hidráulico para la carretera CA-4-Trinidad de Copán.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación se listan los objetivos específicos:

- 1) Identificar la mejor alternativa de pavimentación, considerando la cantidad de vehículos que circulan por el tramo.
- 2) Identificar las características de los materiales a utilizar en la estructura de pavimento (sub rasante, base y sub base) de ambas alternativas.

- 3) Cuantificar los costos de construcción y mantenimiento, de pavimentar con concreto hidráulico y concreto asfáltico.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La evaluación técnica de la pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán pretende:

- 1) Realizar una comparación entre dos alternativas de pavimentación, para conocer cuál es la mejor. La realización del estudio beneficiará no solamente a los 6,351 habitantes de Trinidad de Copán, sino también a la población hondureña en general pues mediante la evaluación se conocerá si la decisión tomada por las autoridades correspondientes fue la ideal, develando si los recursos fueron invertidos correctamente.
- 2) La presente investigación servirá como fuente de conocimiento para futuras evaluaciones realizadas a proyectos de este tipo. La correcta evaluación implica no solamente tomar decisiones acertadas sino también contar con soluciones adecuadas.
- 3) Debido a que la demanda de carreteras pavimentadas en Honduras es alta (más del 70% de carreteras no están pavimentadas), realizar la evaluación de éste tipo de proyectos, contribuirá a fomentar la toma de decisiones en base a diferentes aspectos, no solamente en decisiones políticas.
- 4) El Fondo Vial es el encargado de dar mantenimiento a la red oficial de carreteras en Honduras, por lo que el presente trabajo de investigación le servirá como referencia acerca de cómo invertir eficaz y eficientemente sus recursos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el Capítulo I se hizo una descripción de la orientación y enfoque en el que se basó el estudio de la evaluación financiera de la pavimentación de CA-4-Trinidad de Copán. A continuación en el Capítulo II se realiza el análisis de la situación actual, del macro entorno, del micro entorno, análisis interno, definiciones relacionadas con los datos del problema a investigar y teoría de información importantes para respaldar la tesis.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo al problema planteado en el capítulo 1, a continuación se presenta el análisis de los diferentes niveles: internacional (análisis del macro entorno), nacional (análisis del micro entorno) y de la comunidad (análisis interno).

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

A nivel mundial existen redes carreteras que se extienden alrededor de cada país, contribuyendo de manera sustancial al desarrollo económico de los mismos. A continuación se muestra un resumen de datos de la extensión de las redes de carreteras de los diferentes países.

Tabla 2 Red de carreteras a nivel mundial

PAÍS	MILLONES DE KILÓMETROS PAVIMENTADOS
Estados Unidos de América	6.58
China	4.24
India	4.10
Brasil	1.60
Rusia	1.28
Japón	1.21
Canadá	1.04
Francia	1.02
Australia	0.356
España	0.683

Fuente: (Rodríguez, 2014)

Como se muestra en la tabla 2, Estados Unidos de América es el país que cuenta con la mayor cantidad de kilómetros pavimentados, en cambio Australia ocupa el último lugar a nivel mundial en la cantidad de kilómetros pavimentados.

La construcción y mantenimiento de infraestructura de carreteras es en muchas partes del mundo financiada por capital privado, por lo que el cobro de peajes para recuperar la inversión tiende a ser unas de las alternativas más válidas. Sin embargo, la decisión de donde construir las carreteras sigue siendo competencia del sector público, la evaluación económica, la técnica de decidir qué inversiones son las que acaban configurando la red vial de los países. («Análisis coste beneficio de un proyecto de inversión en infraestructura de carreteras», s. f.)

2.1.1.1 PAVIMENTOS RÍGIDOS ALREDEDOR DEL MUNDO

Para poder tener una mejor idea de la cantidad de kilómetros pavimentados de concreto hidráulico, a continuación se muestra los casos de diferentes países alrededor del mundo, y como existe una tendencia para pavimentar con concreto hidráulico u hormigón, cabe mencionar que no siempre se decide por este tipo de pavimento, pero si existen diferentes razones en cada país para utilizar este tipo de pavimento.

2.1.1.1.1 ESPAÑA

Cada país alrededor del mundo decide el tipo de pavimento a utilizar, tal es el caso de Bélgica que en su mayoría las carreteras son construidas con hormigón, y en Estados Unidos utilizan en la red de autopistas. Sin embargo el uso de hormigón en las carreteras españolas está casi olvidado. La Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP) ha sometido a consideración a los impulsores de obras públicas, las razones para emplear el hormigón en la construcción de carreteras en España, las cuales se listan a continuación:

- 1) De acuerdo a los precios actuales del barril de petróleo, la construcción de carreteras de hormigón resulta más barata en cuanto a mantenimiento y duración, frente a las carreteras de aglomerado asfáltico.
- 2) El asfalto promueve la dependencia del exterior, pues se tienen que pagar divisas.
- 3) El hormigón es un producto nacional, que no compromete la independencia estratégica de España.
- 4) El hormigón, además, no es inflacionario en la medida en la que lo es el petróleo.
- 5) También hay que tener en cuenta el argumento ecológico, pues el pavimento asfáltico contamina la base de terreno sobre la que se sustenta y el hormigón no.
- 6) En tiempos como los actuales, en los que existe preocupación por la subida de las temperaturas, el color claro del hormigón actúa como albedo frente a la radiación solar, reflejándola, al contrario que los colores oscuros que la absorben.
- 7) Calidad, durabilidad, independencia estratégica, ayuda a la economía nacional.(Martínez de Eulate, 2008)

2.1.1.1.2 ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Actualmente, en Estados Unidos poseen firme rígido el 60% de las carreteras interestatales, las cuales soportan la mayoría del tráfico pesado; y ello a pesar de que el betún asfáltico en Estados Unidos es más barato que en España. Otro dato a considerar es que ya en el año 1971, antes de la crisis de la energía y al alza de los productos petrolíferos, las carreteras de hormigón resultaban más económicas en USA para tráfico pesado. En algunos Estados, por ejemplo, California, se recurre siempre al hormigón en tráfico pesado, en los que resulta económicamente justificado; y en algunas otras circunstancias, por ejemplo cuando hay una capa freática alta también se

utiliza pavimento rígido. («Panorámica actual de los pavimentos de hormigón en los Estados Unidos; Present-day panorama of concrete pavements in the United States - 2965», s. f.)

2.1.1.1.3 MÉXICO

En México, de los 95,000 kilómetros de la red de caminos pavimentados, solo un 5% (4,750 Km) son pavimentos rígidos y el restante 95% (90,250 Km) son pavimentos flexibles. El Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC) informó que fue en 1993 cuando se inició a gran escala en México la construcción de pavimentos rígidos a gran escala en México la construcción de pavimentos rígidos nuevos, así como la construcción de sobre capas ultra delgadas de concreto hidráulico, primero en el estado de Chihuahua y después en el resto del país. De ahí que la experiencia en cuanto al comportamiento de este tipo de pavimentos es relativamente escasa en México. («Construcción y Tecnología en Concreto», s. f.)

IMCYC señala que en México actualmente existen varios tramos de carreteras de concreto. Por ejemplo, está el libramiento de Ticumán el cual tiene una longitud de 8,350 kilómetros, que cuenta con una sobre capa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor que fue aplicada sobre el pavimento de asfalto existente con el propósito de rehabilitarlo para proporcionar un tránsito seguro y eficiente a una vía que tiene un alto porcentaje de vehículos pesados. A continuación se muestra un cuadro resumen de los diferentes tramos pavimentados con concreto hidráulico así como sus longitudes («Financiamiento para infraestructura - concreto.pdf», s. f.):

Tabla 3 Carreteras pavimentadas en México

TRAMO	LONGITUD (kilómetros)
Ticumán	8,350
Cárdenas-Agua Dulce	84
Guadalajara-Tepic	34
Yautepec-Jojutla	32
Querétaro-San Luis Potosí	38
Química del Rey-Sierra Mojada	55

Fuente: («Financiamiento para infraestructura - concreto.pdf», s. f.)

Como se puede observar, el volumen de pavimentos de concreto crece de manera significativa, y no sólo en México, sino en todo el mundo. Esto denota la necesidad de aportar metodologías nuevas de evaluación con el objeto de tener una red de carreteras en óptimas condiciones. («Financiamiento para infraestructura - concreto.pdf», s. f.)

2.1.1.2 PAVIMENTOS FLEXIBLES ALREDEDOR DEL MUNDO

Para tener una mejor idea de cómo los diferentes países toman la decisión de invertir en pavimentos flexibles, a continuación se muestra el caso de diferentes países, así como las razones para tomar dicha decisión.

2.1.1.2.1 ESPAÑA

La elección entre asfalto u hormigón para la última capa de rodadura de la carretera parece decantarse últimamente en favor del asfalto. El hormigón se está abandonando, porque es muy rígido y exige juntas cada 200 metros, y el usuario apenas percibe comodidad en su circulación (Vasallo, 2000). La elección tiene dos aspectos. Por un lado, el coste de realizar la carretera en asfalto es un 20 por 100 inferior al del hormigón aunque, según fuentes de la constructora Entrecanales (2000), “el coste de construir con hormigón o con aglomerado es prácticamente el mismo”, pero el coste de conservación del asfalto es más alto el hormigón apenas tiene mantenimiento hasta los 20 años. Por eso, el coste final del Ministerio de Fomento es

similar (Borraja, 2000). No obstante, el firme de hormigón, si se rompe, es mucho más costoso, ya que hay que excavar y poner de nuevo la losa. Y como el firme supone la mitad del coste de mantenimiento de la vía, resulta un dato a tener muy en cuenta.(«Carreteras - num145-2000Carreteras.pdf», s. f.)

De acuerdo a la brusca caída experimentada en España por la licitación pública de obras destinadas a la construcción y conservación de carreteras está teniendo un dramático reflejo en la producción de asfalto. Así lo confirma la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (Asefma) cuyas últimas estimaciones hablan de una producción de mezclas bituminosas durante el 2013 que apenas llegó a los 15 millones de toneladas, la cifra más baja de los últimos 40 años. («La producción de asfalto en España cierra el 2013 en mínimos históricos», s. f.). Lo que provocará una desventaja para la construcción de carreteras de asfalto en España.

2.1.1.2.2 MÉXICO

En México la mayor parte del comercio se realiza a través de vías terrestres, principalmente por la redes de carreteras. México cuenta con una red de más de 360 mil kilómetros con 47 rutas a lo largo y ancho del país, en la actualidad el 88% de las carreteras del país son de asfalto.(«La vías de la comunicación en la economía.pdf», s. f.)

En los últimos años se inició la construcción de tramos carreteros con pavimentos de concreto hidráulico (pavimento rígido), pero este tipo de pavimento no presenta deterioro como las deformaciones plásticas permanentes. A priori es una alternativa para solucionar este problema, sin embargo, existen otros aspectos que hay que considerar para poder decidirse por este tipo de pavimento, ya que en ciertas condiciones de trabajo pueden presentar desventajas frente a los pavimentos asfálticos. En los estados de la zona noreste de la República Mexicana se tiene dos condiciones

de trabajo que intervienen significativamente en el desempeño y durabilidad de los pavimentos asfálticos en el período de servicio, éstos son (Ingeniería, 2000):

- 1) Al ser la zona noreste de México la que colinda con uno de los estados más fuertes de Estados Unidos de Norteamérica: Texas, uno de los mayores flujos terrestres de mercancías en territorio mexicano.
- 2) Las temperaturas del aire en diferentes épocas del año, hacen que la diferencia entre los valores extremos o gradientes de temperaturas sean muy grandes.(Ingeniería, 2000)

Con lo anteriormente manifestado se puede concluir que las carreteras de pavimento asfáltico en ésta zona deben cumplir con altos estándares de calidad en la mezcla asfáltica o se puede tomar la decisión de construir pavimentos rígidos.

2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

La construcción de carreteras es de mucha importancia para el país, pues promueve el desarrollo económico del mismo. Pero debido a los diferentes problemas administrativos que confronta el país, se han creado organismos descentralizados del Gobierno de Honduras, tal es el caso del Fondo Vial. Creado mediante decreto número 131-93, en agosto de 1993, como una entidad desconcentrada de la Secretaría de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte (ahora INSEP), de duración indefinida, de interés público y dentro de los límites de esta Ley, con independencia administrativa, técnica y financiera.(«Fondo Vial decreto de Creacion Art 15.pdf», s. f., p. 1)

Sabaini (2007) encontró lo siguiente:

El Fondo Vial da mantenimiento solamente a la red oficial de caminos (aproximadamente 14,206.02 kilómetros) y el resto de los caminos, secundarios y rurales, son atendidos por las municipalidades y la comunidad organizada, dando mantenimiento a 3 mil kilómetros por año. Opera con poco personal y sub contrata todos los servicios de mantenimiento a las microempresas asociativas y otras organizaciones no gubernamentales.

El Fondo Vial tiene la responsabilidad de atender la Red Vial Oficial que corresponde a 14,296.02 kilómetros, compuesta por 3,220.01 kilómetros (22.52%) de carreteras pavimentadas y 11,076 kilómetros son carreteras y caminos no pavimentados (77.48%). («INFORME-FONDO-VIAL-II-TRI-2012.pdf», s. f.). De acuerdo a estos datos se puede intuir que la necesidad de pavimentación de carreteras en Honduras es alta, por lo que realizar una mejora en la estructura de las carreteras promoverá el desarrollo de las comunidades aledañas.

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de kilómetros pavimentados con que cuenta Honduras desde el año 1985 hasta el año 2002.

Tabla 4 Carreteras 1985-2002

País	1985		1990		1993		1995		1996	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Belice	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,564	17.7	n.d.	n.d.	2,248	19.0
Costa Rica	35,287	13.0	35,556	15.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	35,597	17.0
El Salvador	12,164	14.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12,540	19.8	9,977	19.9
Guatemala	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13,100	27.6
Honduras	n.d.	n.d.	11,371	21.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15,400	20.3
Nicaragua	14,651	11.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18,000	10.1
Panamá	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10,792	32.4	n.d.	n.d.	11,100	33.6

País	1997		1998		2000		2001		2002	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Belice	n.d.	n.d.	2,872	17.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Costa Rica	n.d.	n.d.	37,273	21.0	35,892	21.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
El Salvador	10,029	19.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	11,458	22.7
Guatemala	n.d.	n.d.	13,856	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14,044	38.9
Honduras	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13,686	20.8
Nicaragua	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18,712	n.d.	n.d.	n.d.
Panamá	n.d.	n.d.	11,400	34.3	n.d.	n.d.	11,717	35.5	n.d.	n.d.

Km=kilómetros; % Porcentaje de carreteras pavimentadas; n.d.= dato no disponible

Fuente: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y El Caribe). Anuario Estadístico 2003, Chile, 2004. («Centroamérica en cifras 1980-2005», 2005, p. 166)

Para el año 1990 Honduras contaba con 11,371 kilómetros de carretera pavimentada y para el año 2002 con 13,686 kilómetros de carretera pavimentada lo que ha significado un aumento del 20.36%, lo que ha contribuido al crecimiento económico del país.

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

Trinidad de Copán es uno de los municipios del departamento de Copán, el cual posee una superficie de 74.2 kilómetros cuadrados, tiene una población de 5,687 habitantes y 1,414 viviendas. («50 años de crecimiento demográfico hondureño», s. f.). De acuerdo a la visita de campo realizada se puede decir que, la carretera CA-4-Trinidad de Copán, es una carretera vecinal, que se desvía de la carretera troncal: San Pedro Sula-Santa Rosa de Copán- Nueva Ocotepeque, desvío que se localiza en el kilómetro 122.50 lado izquierdo, cuyas características generales son las siguientes:

- 1) Ancho total de la vía 7.0 metros
- 2) Ancho de rodadura 6.0 metros
- 3) Ancho de hombro 0.5 metros a cada lado, total 1.0 metros

En cuanto a características geométricas, el tramo por donde se desarrolla la carretera es por un terreno montañoso, el grado de curvatura máximo 24°00'm (una curva) y la pendiente máxima 13.82 % en 60 metros. (Consultores en Ingeniería, S.A., 2012).

2.1.3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Trinidad de Copán, es uno de los municipios de departamento de Copán, la carretera objeto de análisis del presente trabajo se encuentra ubicada, tal como se narra a continuación:

- 1) Ubicación Nacional: esta carretera se encuentra ubicada en el Departamento de Copán, tramo carretero CA4-Trinidad-Naranjito del Fondo Vial. El Naranjito queda a pocos kilómetros del Municipio de Trinidad.

2) Ubicación Regional: esta carretera es un sub ramal de la carretera troncal San Pedro Sula-Santa Rosa de Copán- Nueva Ocotepeque, desvío que se localiza en el kilómetro 122.50 lado izquierdo.

2.1.3.2 ESTUDIOS REALIZADOS EN EL TRAMO

Como parte de los estudios para la realización del diseño, se realizó el levantamiento topográfico de la vía existente, que consistió básicamente en el levantamiento de una franja de información con un ancho de aproximadamente 60 m en total, 30 metros a cada lado de la línea central, al mismo tiempo la cuadrilla de topografía marcó el eje central mejorado, optimizando el alineamiento horizontal y vertical, de tal forma que una vez que se realizara la pavimentación del tramo contara con un correcto alineamiento tanto horizontal como vertical. Las actividades desarrolladas durante el levantamiento topográfico consistieron en:

- 1) Tránsito con estaciones a cada 20 metros.
- 2) Bancos de nivel desde la estación 0+000 hasta la estación 3+820.
- 3) Nivelación de la línea central desde la estación desde la estación 0+000 hasta la estación 3+820.

2.1.3.3 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Tomando como referencia la capacidad de soporte del 5% de CBR en la sub-rasante del proyecto, el camino fue diseñado con una estructura en su sección transversal muy segura y relativamente económica. Los parámetros generales del proyecto se listan a continuación (Fondo Vial, 2012):

- 1) CBR de la Sub Rasante Especificada = 5%
- 2) Espesor mínimo de base = 12 cm usar 15 centímetros
- 3) Espesor mínimo de sub base = 15 cm usar 15 centímetros
- 4) Espesor de materiales selectos = 15 cm de base + 15 cm de sub base = 30 cm total.
- 5) Se recomienda colocar un doble tratamiento asfáltico.

1.1 TEORÍAS

La teoría fundamentada se refiere tanto a la acción como al efecto de la investigación, es proceso y producto, aunque normalmente nos referimos a ella únicamente como metodología de investigación (Charmaz, 2005).

1.1.1 TEORÍA DE SUSTENTO

Para poder entender mejor las variables de investigación consideradas en ésta tesis a continuación se explican las teorías de sustento, de acuerdo al marco teórico encontrado durante la realización de la investigación. Cabe mencionar que para poder comparar las alternativas de pavimentación se utilizará como referencia el Manual de Carreteras, elaborado por la Secretaría de Estado en los Despachos de Obras Públicas, Transportes y Vivienda (SOPTRAVI ahora INSEP), pues es el manual establece las disposiciones de carácter obligatorio para los Contratistas que ejecutan proyectos viales para la Secretaría.

1.1.1.1 VÍAS DE COMUNICACIÓN

En la vida diaria de los habitantes de cualquier región, existe la necesidad de llevar el sustento a sus familias; para esto, es necesario hacer uso de las vías de comunicación, especialmente las carreteras, como principal medio de transporte de las mercancías y pasajeros y así como introducir en las regiones los servicios de salud, vivienda, educación, comercio y otros (Correa, Ibarra, 2006).

Cárdenas Grisales, 2013, afirma que las carreteras se clasifican de acuerdo a diferentes aspectos, la tabla 5 resume dicha clasificación:

Tabla 5 Clasificación de carreteras

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA
Función	Carretera Primaria o de primer orden Carretera Secundaria o de segundo orden Carretera Terciaria o de tercer orden
Tipo de terreno	Carretera en terreno plano Carretera en terreno ondulado Carretera en terreno montañoso Carretera en terreno escarpado
Competencias	Carreteras nacionales Carreteras departamentales Carreteras vecinales Carreteras distritales y municipales
Características	Carreteras Multicarriles Carreteras de dos carriles

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, Cárdenas Grisales, 2013.

De acuerdo al Manual de carreteras, SOPTRAVI (2006) el sistema vial del país está integrado por:

- 1) Carreteras Especiales: Tienen acceso completa o parcialmente controlado, todas las que siendo de importancia especial para el país, absorban un tráfico que justifique su construcción, con las características de amplitud que requiere esta clase de rutas.
- 2) Carreteras Principales o Troncales: Forman la estructura vital de las redes viales de los países centroamericanos o de la red de la República y además aquellas que sin

ser esenciales para la articulación general de la red de carreteras, unan puntos de gran importancia o tengan un volumen de tránsito cuya intensidad lo justifique.

- 3) Carreteras Secundarias: Las que comuniquen a los pueblos con la red general de caminos principales o los que comuniquen pueblos entre sí, sin tener importancia especial al tránsito muy intenso.
- 4) Caminos Vecinales: Comunican pequeños pueblos o fincas entre sí, o con otros caminos de cualquier clase de tránsito reducido.
- 5) Caminos de Penetración: Rutas transitables temporalmente por falta de carreteras principales, secundarias y caminos vecinales.

En el artículo siete de la Ley de Comunicación Terrestre (1997), se establece que además de estas clasificaciones, podrán considerarse Carreteras Internacionales, aquellas cuyo tránsito por sus condiciones especiales (terminal de puerto, etc.), puedan interesar a otro país fronterizo, aunque se encuentren dentro del territorio del país.

De acuerdo con el Manual de Carreteras de SOPTRAVI (1996) las carreteras se deben ser diseñadas con anchos de 3.50m y 3.65m para los carriles de las calzadas en una y dos direcciones. En la figura 6 se muestran los anchos de calzadas para varios tipos de carreteras.

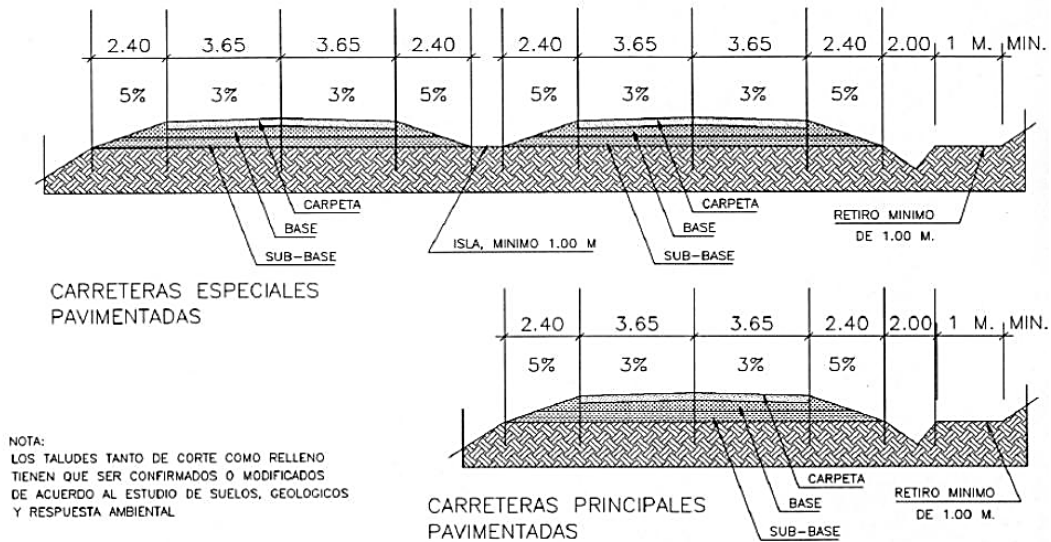


GRAFICO 3-1-10 Secciones Típicas

Figura 4 Ancho de calzada para carreteras

Fuente: (SOPTRAVI, 1996)

En la figura 4, se puede observar los anchos de calzada, ancho de espaldones y anchos de cunetas, tanto de carreteras especiales pavimentadas como de carreteras principales pavimentadas, como se puede observar la diferencia radica en que las carreteras especiales poseen cuatro carriles, en cambio las carreteras principales solamente dos carriles. De acuerdo al Manual de carreteras de Honduras (1996), las carreteras se clasifican en:

1) Carreteras especiales son aquellas que tienen acceso parcial o enteramente controlado, con importancia especial para el país y un tráfico que justifica su construcción con las características de amplitud que requieren ésta clase de rutas.

2) Carreteras principales redes viales de los países Centroamericanos o de la República y además aquellas que sin ser esenciales para la articulación general de la red de carreteras, unen puntos de gran importancia o tienen un volumen de tránsito cuya intensidad lo justifique.

2.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

Así como existe una clasificación de carreteras, también existe una clasificación de pavimentos, también conocida como estructura de pavimento, tal como se muestra a continuación.

2.2.1.2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

Se caracterizan por repartir y distribuir las cargas a través de las capas que la componen, estas capas son de mejor calidad en la superficie y van decreciendo hasta llegar a la sub rasante, y por lo tanto, su comportamiento queda determinado por las propiedades elastoplásticas del suelo de fundación. (Pérez Reyes, 2009, p. 13)

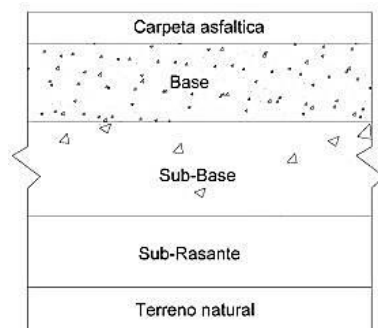


Figura 5 Sección de Pavimento Flexible

Como se puede observar en la figura 5, la estructura de pavimento flexible está formada por el terreno natural, la sub rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica, capas que pueden variar de espesor de acuerdo al diseño propuesto. Es importante mencionar, que la diferencia con la estructura de pavimento rígido es la capa de la base.

2.2.1.2.2 PAVIMENTO RÍGIDO

Tienen una capa de rodadura de hormigón y normalmente se coloca una sub base entre la sub rasante y el hormigón. Dado su elevado módulo de elasticidad tiende a distribuir la carga sobre un área relativamente grande de suelo, por lo que gran parte de la capacidad resistente de la estructura es proporcionada por la losa. Entonces el hormigón es quien aporta la estructura, el aporte de la sub base es casi nulo y la sub rasante no aporta. (Pérez Reyes, 2009, p. 13)

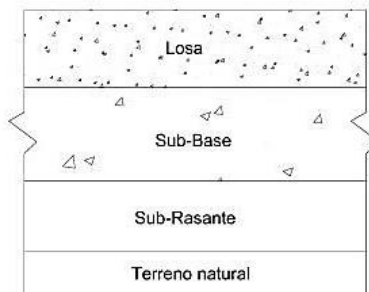


Figura 6 Sección Pavimento Rígido

Como se puede observar en la figura 6, la estructura de pavimento rígido está conformada por el terreno natural, la sub rasante, la sub base y la losa de concreto, cuyo módulo de ruptura exigido generalmente es el seiscientos libras por pulgada cuadrada.

2.2.1.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las metodologías de diseño de pavimentos flexibles son generalmente de carácter empírico o mecánico – empíricas. En el caso de los métodos empíricos se correlaciona el comportamiento de los pavimentos in situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (sub rasante), la calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo.

Todos estos factores son controlados y medidos durante las fases de estudio para correlacionarlos con los mecanismos de degradación y crear así el método de diseño. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2009, p. 42)

De acuerdo al Manuel de Carreteras de SOPTRAVI, 1996, los factores que intervienen en el cálculo de espesores de las distintas capas de un pavimento flexible son los que a continuación se indican:

- 1) Tránsito
- 2) Resistencia de los materiales
- 3) Características de la sub rasante
- 4) Condiciones ambientales

Para poder tener una mejor idea de los factores anteriormente mencionados a continuación se explican brevemente:

2.2.1.3.1 TRÁNSITO

A los efectos de realizar el análisis de tránsito se requiere la siguiente información: tránsito medio diario anual (TMDA), actual y serie histórica, composición vehicular y configuración de cargas pesadas, censos de cargas por eje y tasa de crecimiento anual.

Para el análisis de las cargas que solicitarán a la calzada durante la vida útil prevista en el diseño se deben tener en cuenta el peso y el número de camiones ya que el efecto destructivo de los vehículos livianos (automóviles, pick-up, autobuses) se considera despreciable. De no contarse con una serie histórica de TMDA que permita estadísticamente determinar su tasa de crecimiento anual (i), se procederá a calcularla en base a datos de índole socio-económica (crecimiento de la población y del parque

automotor, P.B.I, consumo de combustibles, entre otros). («Manual de Carreteras Vol 4», 1996)

2.2.1.3.2 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

Las normas de los distintos países sobre las construcciones de todo tipo suelen establecer límites superiores para los valores que pueden alcanzar los esfuerzos interiores y para las deformaciones de los diversos materiales (Ortiz Berrocal, 2007, p. 2). La determinación de las características mecánicas de los materiales que conformarán las distintas capas del paquete estructural y la sub rasante debe efectuarse en las condiciones más críticas de servicio. Además de los ensayos requeridos para determinar las propiedades físicas, volumétricas y mecánicas se deben realizar pruebas de durabilidad a fin de asegurarse la permanencia de las propiedades evaluadas a través del tiempo. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 12)

En el caso de mezclas asfálticas pueden tener un comportamiento elástico lineal, no lineal o viscoso en función de la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga. A bajas temperaturas el comportamiento es fundamentalmente elástico lineal, y al aumentar la temperatura se va comportando como un material elástico no lineal, con lo cual aparece un comportamiento viscoso a medida que la temperatura continúa aumentando. (Reyes-Ortiz & Camacho-Tauta, 2008, p. 27)

Es así como en épocas de invierno, al tener temperaturas bajas, no existen deformaciones plásticas y el comportamiento es elástico. A temperaturas intermedias y elevadas, la cohesión de la mezcla disminuye y las deformaciones generadas por el tráfico se incrementan, lo cual produce ahuellamiento en la mezcla debido a su componente viscosa. (Pérez I., 2002, p. 192)

2.2.1.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA SUB RASANTE

El estudio de la sub rasante se debe efectuar como en el caso del resto de las capas que conforman el pavimento, en sus condiciones más críticas de servicio. Una vez aprobada la traza de la nueva obra, las brigadas o comisiones de estudio de suelos y materiales podrán comenzar sus tareas, siendo recomendable que se cuente con la planialtimetría del proyecto a fin de efectuar los estudios necesarios y suficientes donde corresponda y hasta la profundidad requerida. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 13)

2.2.1.3.4 CONDICIONES AMBIENTALES

Se debe conocer el régimen de lluvias y las precipitaciones medias anuales, a fin de poder definir la existencia o no de períodos seco y húmedo. Así como también la amplitud térmica diaria, y las máximas medias y mínimas medias anuales correspondientes a cada período. De acuerdo al método de diseño que se aplique son distintos los parámetros que se utilizan. Si bien los efectos de las heladas merecen un tratamiento aparte, no se consideran por no existir en el país ninguna zona que registre un clima riguroso. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 15)

2.2.1.4 DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los factores que intervienen en el diseño de pavimentos rígidos de acuerdo al Manual de Carreteras de Honduras, son:

- 1) Características de la sub rasante
- 2) Tránsito
- 3) Módulo de resistencia a la tensión en flexión del hormigón.

Para poder tener una mejor idea de los factores anteriormente mencionados a continuación se explican brevemente:

2.2.1.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUB RASANTE

La formación de grietas y otros tipos de falla que a veces aparecen en el hormigón, son provocadas en gran proporción por las características físicas de los suelos de sub rasante y/o terracería. Siendo los suelos susceptibles de variar de volumen por variación de su contenido de humedad generalmente los responsables de dicho deterioro. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 322)

Conocer las características de la sub rasante permitirá brindar el tratamiento adecuado a la misma, y por ende evitar fallas en la estructura del pavimento, tal es el caso del hinchamiento de las arcillas que produce deformaciones en la superficie del pavimento y su contracción provoca el agrietamiento de la calzada. Si bien las arcillas secas y compactadas tienen un alto valor portante, cuando en servicio están expuestas a perder dichas condiciones por el aumento de humedad, su comportamiento cambia radicalmente. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 322)

2.2.1.4.2 TRÁNSITO

El método de diseño propuesto por la Portland Cement Association exige conocer la distribución de las cargas del tránsito, para ejes simples y ejes tandem y sus respectivas magnitudes (en toneladas). Como para el caso de pavimentos flexibles, se deberá conocer tanto el flujo de tránsito actual, como las repeticiones que se esperan para cada una de las cargas registradas dentro de la vida útil del pavimento. Esta información depende de la estimación del tránsito que se haya efectuado y de la predicción de su crecimiento futuro. («Manual de Carreteras Vol 4», 1996, p. 326).

2.2.1.4.3 MÓDULO DE RESISTENCIA A LA TENSION

El concreto posee una resistencia a la compresión alta, sin embargo, la resistencia a flexión es muy baja por lo que considerar el módulo de resistencia a la tensión en flexión del hormigón es de mucha importancia para evitar fallas en la estructura del pavimento.

2.2.1.5 MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Actualmente, se usan dos métodos de diseño para calcular el espesor de pavimentos de hormigón: el método de la Asociación de Cemento Portland (PCA) y el método de la Asociación Americana de la Organización de Transporte de Carreteras del Estado (AASHTO). En Estados Unidos en 1994, 35 agencias estaban utilizando el método AASHTO, y 5 el método PCA; los últimos 6 estaban utilizando su propio método de diseño. En Canadá, se usan ambos métodos. (Samuel Mora Q., s. f., p. 10)

2.2.1.5.1 MÉTODO DE DISEÑO PCA

Este método se basa en dos criterios específicos, uno relativo a la resistencia a la fatiga del hormigón y el otro a la erosión de la base. En el primer caso, se supone que la carga máxima se aplica en medio de la losa justo sobre la junta longitudinal que da la tensión máxima con la losa. En el segundo caso, se supone que la carga máxima se aplica en una esquina de la losa para generar deflexión máxima de la losa. (Samuel Mora Q., s. f.)

2.2.1.5.2 MÉTODO DE DISEÑO ASSHTO

Este método se basa en el uso de una ecuación empírica desarrollada por la observación de algunos pavimentos de hormigón estudiados durante ensayos de AASHTO sobre carreteras. (Samuel Mora Q., s. f.)

2.2.1.6 ESTUDIO DE INGENIERÍA ECONÓMICA

Para realizar un estudio de ingeniería económica se utiliza el enfoque de estudio de ingeniería económica, en general aceptado.

Blank y Tarquin (2000) afirman:

Un procedimiento muy popular utilizado para considerar el desarrollo y selección de alternativas es el denominado enfoque de solución de problemas o proceso de toma de decisiones. Los pasos habituales en el enfoque son los siguientes:

- 1) Entender el problema y la meta: descripción general de cómo puede abordarse la solución.
- 2) Reunir información relevante: Generalmente, las alternativas contienen información tal como costo inicial (incluidos precios de compra y costos de construcción, instalación y despacho), vida esperada, ingresos y gastos anuales estimados de la alternativa (incluidos costos de mantenimiento anual), valor de salvamento proyectado (valor de reventa o canje), una tasa de interés (tasa de retorno).
- 3) Definir las soluciones alternativas.
- 4) Evaluar cada alternativa: La importancia de la identificación y definición alternativa en el proceso de toma de decisiones nunca se enfatiza en demasía, puesto que en este paso hace que el resultado de un análisis económico tenga un valor real.
- 5) Seleccionar la mejor alternativa utilizando algunos criterios: Alternativa evaluada.
- 6) Implementar la solución y hacer seguimiento a los resultados.

Para cada alternativa se establece una medida de valor. Este es el resultado del análisis de ingeniería económica. Por ejemplo, el resultado de un análisis de tasa de retorno de las dos alternativas puede ser: Seleccionar la alternativa 1 en la cual se estima una tasa de retorno del 18.4% anual durante una vida de 20 años.

La siguiente figura muestra en que consiste el enfoque de estudio de ingeniería económica:

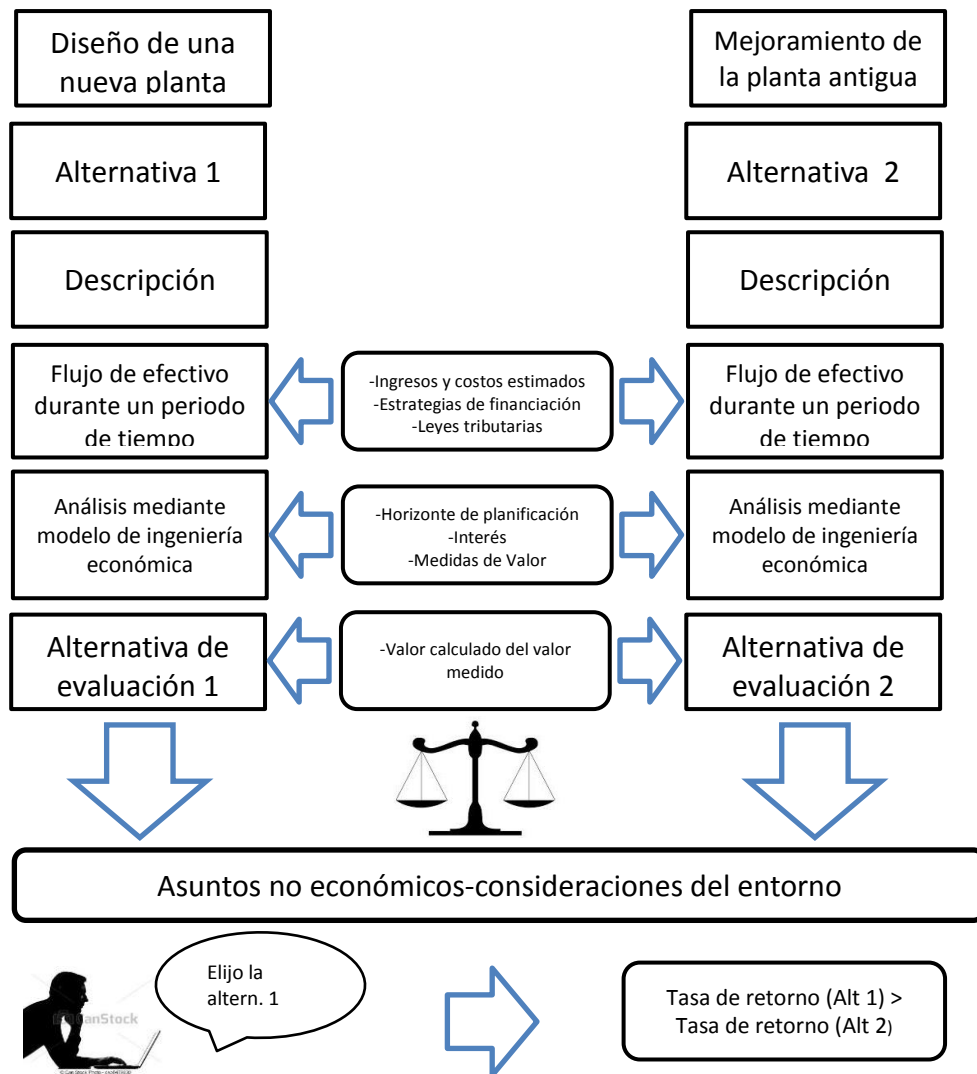


Figura 7 Enfoque de estudio de ingeniería económica

Fuente: (Blank & Tarquin, 2000, p. 8)

En la figura 7, se puede observar un ejemplo acerca de dos alternativas, para poder tomar una decisión se sigue un procedimiento que consiste básicamente en comparar de acuerdo al flujo de efectivo de ambas alternativas y con la ayuda de la tasa interna de retorno la alternativa más favorable. Es interesante observar que para

poder tomar una decisión influyen no solamente asuntos económicos, sino también asuntos sociales.

2.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

El proyecto corresponde a 3.8 kilómetros a continuación se describirán conceptos que serán de utilidad para el estudio de la vía.

2.2.2.1 ASFALTO

Es un material cementante de color café oscuro a negro cuyos constituyentes principales son bitúmenes que se hallan en la naturaleza o que se obtienen del procesamiento del petróleo. (Pinto, 2012)

2.2.2.2 HORMIGÓN

El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo. Es el resultado de la mezcla de cemento, áridos y agua, dando lugar a una masa resistente y de consistencia compacta. En la actualidad es el material no natural más utilizado por el ser humano. (Alonso, Puertas, & Palacios, 2009)

2.2.2.3 CARRETERA

Es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. (Cárdenas Grisales, 2013)

2.2.2.4 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

Las carreteras en Honduras se clasifican por su tipo, como: Rutas Internacionales (CA), Rutas Nacionales, etc. Otra clasificación es la asignación numérica de la Convención del Código SECOPT de Caminos. Los números de rutas indicados para los caminos en la cartografía y toda la documentación de apoyo para el censo de tránsito, obedecen a las siguientes convenciones: Rutas 01 al 50 para las Carreteras Principales, rutas 51 al 199 para las Carreteras Secundarias, rutas 200 al 999 para los Caminos Vecinales en cada Departamento. («Manual de Carreteras de Honduras Vol 3», 1996)

2.2.2.5 INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Es una rama de la ingeniería a la cual corresponde abordar los problemas generados por el tráfico mediante diseños coherentes que tiendan a administrar racionalmente el desplazamiento de las personas por el espacio público de un área geográfica, considerando todos los impactos, como ser: congestión vehicular, riesgo de accidentes, ruido, segregación del entorno, intimidación para usar el espacio público e intrusión visual por vehículos o infraestructuras de transporte. (Fenández Aguilera, 2014)

2.2.2.6 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

La unidad de medida de Tránsito promedio Diario (T.P.D.) se define como el volumen total de vehículos durante un período determinado en días enteros, que deberá ser mayor de un día y menor de un año, dividido entre el número de días que componen ese período. («Manual de Carreteras de Honduras Vol 3», 1996).

2.2.2.7 COSTO

El costo se define como el "valor" sacrificado para obtener bienes o servicios. (Colectivo de autores, 2011)

2.2.2.8 RESISTENCIA DE MATERIALES

Tienen como objetivo estudiar el comportamiento de los sólidos deformables y establecer los criterios que nos permitan determinar el material más conveniente, la forma y las dimensiones más adecuadas que hay que dar a estos sólidos cuando se les emplea como elementos de una construcción o de una máquina para que puedan resistir la acción de una determinada sollicitación exterior, así como obtener este resultado de la forma más económica posible. (Ortiz Berrocal, 2007)

2.2.2.9 MATENIMIENTO VIAL

Amplio conjunto de actividades, adecuadas y oportunas, destinadas a preservar a largo plazo, la condición de las vías para que presten un servicio aceptable de forma permanente. Procura prevenir el menor costo posible, su degradación para alcanzar costos razonables en la operación de vehículos y evitar la pérdida innecesaria del capital invertido en su construcción o reconstrucción. Incluye todo lo necesario para conservar las condiciones de la vía, el refuerzo de su estructura, puentes, alcantarillas, derecho de vía y señalización horizontal y vertical. («REGLAMENTO DE FONDO VIAL.pdf», s. f.)

2.2.2.10 MATENIMIENTO RUTINARIO

Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación y limpieza del derecho de vía, reparaciones menores y localizadas en la calzada y el pavimento, la restitución de la demarcación y elementos de seguridad; nivelación de superficies sin pavimentar y de hombros, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a

través del tiempo para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza, pintura y las reparaciones menores y localizadas de las estructuras de puentes incluyendo los puentes del Ferrocarril Nacional de Honduras (FNH), extendiéndose a los elementos de protección.(«Fondo Vial | Camino al Desarrollo», 2011)

2.2.2.11 MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de material selecto, grava, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento de los puentes incluye la reparación o cambio de elementos estructurales dañados.(«Fondo Vial | Camino al Desarrollo», 2011)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Después de describir el planteamiento del problema y el marco teórico, en éste capítulo se estructura la metodología de investigación para responder de manera precisa las preguntas de investigación. Así mismo se definen los instrumentos y fuentes de información utilizadas en el estudio.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

En este apartado se pretende comprender la pertinencia al diseñar el presente trabajo de investigación, garantizando la congruencia tanto horizontal como vertical, entre los elementos más importantes de la misma. Utilizando como recurso de ayuda la matriz metodológica, donde se refleja la estrategia utilizada para realizar la investigación, así mismo, se plasma la operacionalización de las variables de investigación de manera tal, que se observe de forma lógica y cronológica la relación entre las variables, y para finalizar se formulan las hipótesis de investigación.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

En la tabla 6, se muestra la matriz metodológica donde se refleja la estrategia metodológica, que permite visualizar el diseño del estudio.

Tabla 6 La Matriz Metodológica

Título	Problema	Pregunta de investigación	Objetivo		Variables	
			General	Específico	Independiente	Dependiente
Evaluación técnica de la pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad, 2014	¿Cuál es la mejor alternativa de pavimentación de acuerdo a la cantidad de vehículos, análisis de los materiales, costos iniciales de construcción y mantenimiento, para el tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán?	1) ¿Cuál es la mejor alternativa de pavimentación considerando la cantidad de vehículos que se trasladan en la carretera CA-4-Trinidad de Copán?	Evaluar de acuerdo al tráfico promedio diario, características de los materiales, mantenimiento y costos iniciales de construcción la pavimentación de concreto asfáltico versus concreto hidráulico para la carretera CA-4-Trinidad de Copán.	Identificar la mejor alternativa de pavimentación considerando la cantidad de vehículos que circula por el tramo.	Tráfico	Tipo de pavimento
		2) ¿Cuál es la mejor alternativa de acuerdo a las características de los materiales para la sub rasante, base y sub base?		Identificar las características de los materiales a utilizar en la estructura de pavimento (sub rasante, base y sub base) de ambas alternativas.	Características de los materiales	
		3) ¿Cuál es la mejor alternativa de pavimentación considerando los costos iniciales de construcción y mantenimiento ambas (concreto hidráulico y concreto asfáltico)?		Indicar los costos iniciales de construcción y mantenimiento de pavimentar con concreto hidráulico y concreto asfáltico.	Costos	

3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la figura que se muestra a continuación se muestra la variable dependiente, las variables independientes y las dimensiones de cada una de ellas. Se presentan en forma esquemática, lógica y cronológica la relación entre las variables.

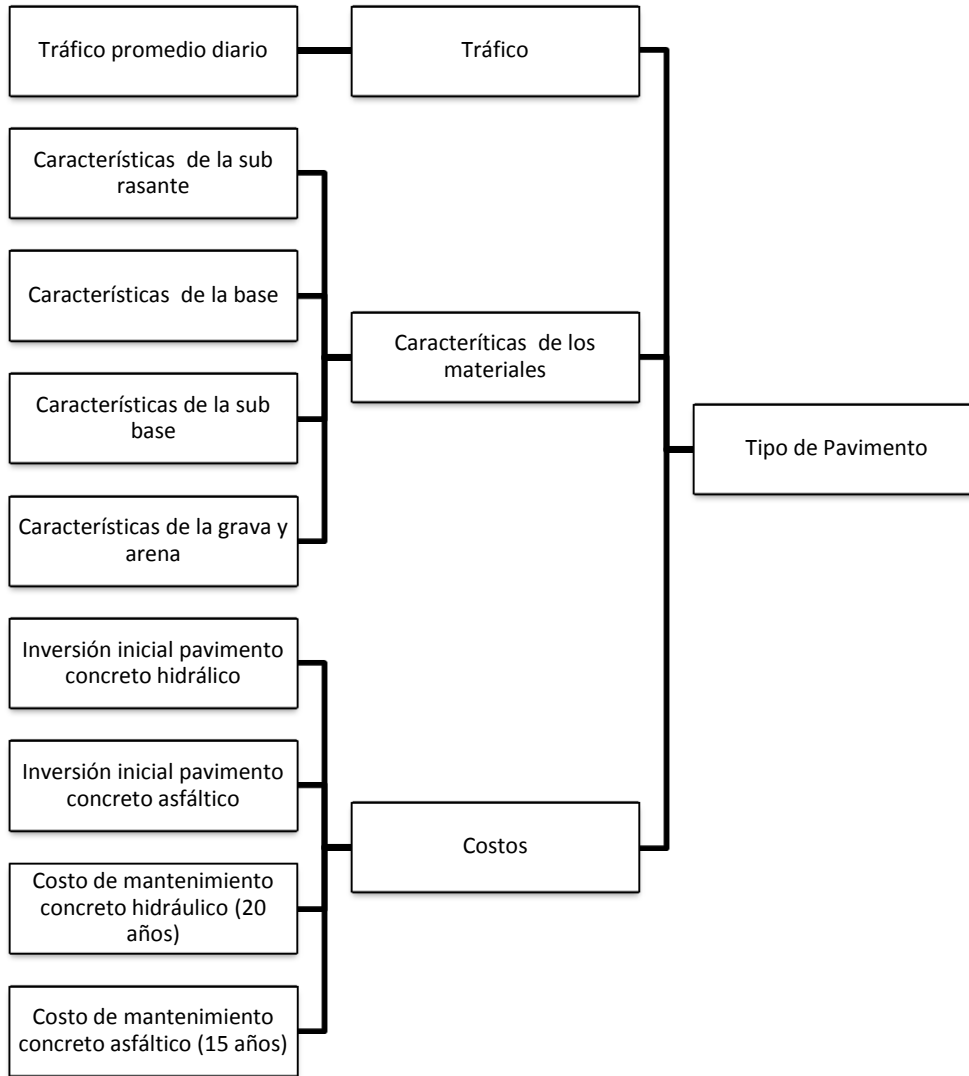


Figura 8 Diagrama de las variables

Variable dependiente: el tipo de pavimento a utilizar será determinado de acuerdo a las variables independientes. Se realizará el análisis técnico para cada alternativa de pavimento (concreto hidráulico y asfáltico).

Variabes independientes:

Tráfico: el volumen de vehículos diarios que pasan por la carretera.

Características de los materiales: conocer las propiedades de los diferentes materiales que se utilizarán en la estructura del pavimento, es decir, la sub rasante, base, sub base, arena y grava.

Costos: cantidad de dinero necesario para llevar a cabo una actividad, es éste caso se referirá a la inversión necesaria para llevar a cabo la construcción de la carretera y a los costos de mantenimiento para ambas alternativas de pavimentación.

En la tabla 7, se detalla cada variable independiente y dependiente, así como la dimensión, indicadores y los ítems de cada una de ellas.

Tabla 7 Operacionalización de las variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Item	Unidad de Medida
	Conceptual	Operacional				
Tráfico	Cantidad de vehículos que pasan por una carretera en un periodo determinado.	¿Cuál es la cantidad de vehículos que circulan por el tramo?	Tráfico promedio diario	Cantidad de vehículos por día	¿Cuántos vehículos circulan en el tramo?	-Número de vehículos -Horas al día
			Tráfico diario y proyectado por tipo de vehículo	Cantidad de vehículos por año	¿Cuántos vehículos circularán al año?	-Número de vehículos -Periodo de diseño
			Proyección anual de tráfico por tipo de vehículo	Cantidad de vehículos al final de 20 años de proyección	¿Cuántos vehículos circularán dentro de 30 años?	-Número de vehículos -Periodo de diseño
			Tasa de crecimiento vehicular	Tasa	¿Cuál es la tasa de crecimiento vehicular?	-Tasa de crecimiento -PIB Honduras -Porcentaje
Características de los materiales	Comportamiento de los sólidos deformables que permite establecer los criterios para determinar el material más conveniente.	Identificar si los materiales existentes en la zona del proyecto son adecuados para la estructura de pavimento	Propiedades de la sub rasante	-Clasificación del suelo (unificada y AASHTO) -Granulometría -Límite líquido -Índice de plasticidad -Densidad -Humedad óptima -Capacidad de soporte CBR al 95% y al 100% -Expansión -Módulo de finura	¿Cuáles son las propiedades de la sub rasante?	-Capacidad de soporte del suelo -Capacidad de soporte CBR>10%
			Propiedades de la base		¿Cuáles son las propiedades de la base?	-Capacidad de soporte CBR>80% -Índice de plasticidad ≤6 -Límite líquido ≤30
			Propiedades de la sub base		¿Cuáles son las propiedades de la sub base?	-Capacidad de soporte CBR>40% -Índice de plasticidad ≤6 -Límite líquido ≤30
			Propiedades de la arena y grava		¿Cuáles son las propiedades de la arena y la grava?	Granulometría para ambos agregados
Costos	Cantidad de dinero necesaria para llevar a cabo una actividad determinada.	De acuerdo a los costos, ¿cuál es la alternativa de pavimentación más barata?	Inversión inicial pavimento hidráulico	Inversión (L.)	¿Cuál es la inversión inicial que se debe realizar en la pavimentación con concreto hidráulico?	-Actividades -Precios unitarios -Cantidades de obra
			Inversión inicial pavimento asfáltico	Inversión (L.)	¿Cuál es la inversión inicial que se debe realizar en la pavimentación con concreto asfáltico?	-Actividades -Precios unitarios -Cantidades de obra
			Costo de mantenimiento	Inversión (L.)	¿Cuál es la inversión de mantenimiento que se debe realizar en un periodo de 20 años para un concreto hidráulico?	-Actividades -Precios unitarios -Cantidades de obra
			Costo de mantenimiento	Inversión (L.)	¿Cuál es la inversión de mantenimiento que se debe realizar en un periodo de 20 años para un concreto asfáltico?	-Actividades -Precios unitarios -Cantidades de obra

3.1.3 HIPÓTESIS

Una hipótesis es la explicación anticipada y provisional de alguna suposición que se trate de comprobar o desaprobar, a través de los antecedentes que se recopilan sobre el problema de investigación previamente planteado (Munoz Rozo, 1994, p. 66)

A continuación se formulan las hipótesis de investigación:

Hi: La pavimentación con concreto asfáltico, de acuerdo a la cantidad de vehículos, características de los materiales, costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento, es la mejor alternativa de pavimentación para el tramo carretero CA-4-Trinidad.

Ho: La pavimentación con concreto asfáltico, de acuerdo a la cantidad de vehículos, características de los materiales, costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento, no es la mejor alternativa de pavimentación para el tramo carretera CA-4-Trinidad.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

De acuerdo a las preguntas de investigación planteadas en el capítulo I, el estudio tiene un enfoque mixto, ya que utiliza los dos enfoques cuantitativo y cualitativo. Cuantitativo porque pretende identificar los costos iniciales de construcción, costos de mantenimiento, cantidad de vehículos y características de los materiales requeridos para la estructura de pavimento. Y el enfoque cualitativo que se orientó a identificar la mejor alternativa de pavimentación. Hernández y cols. (2006), indican que el enfoque mixto “es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema.”

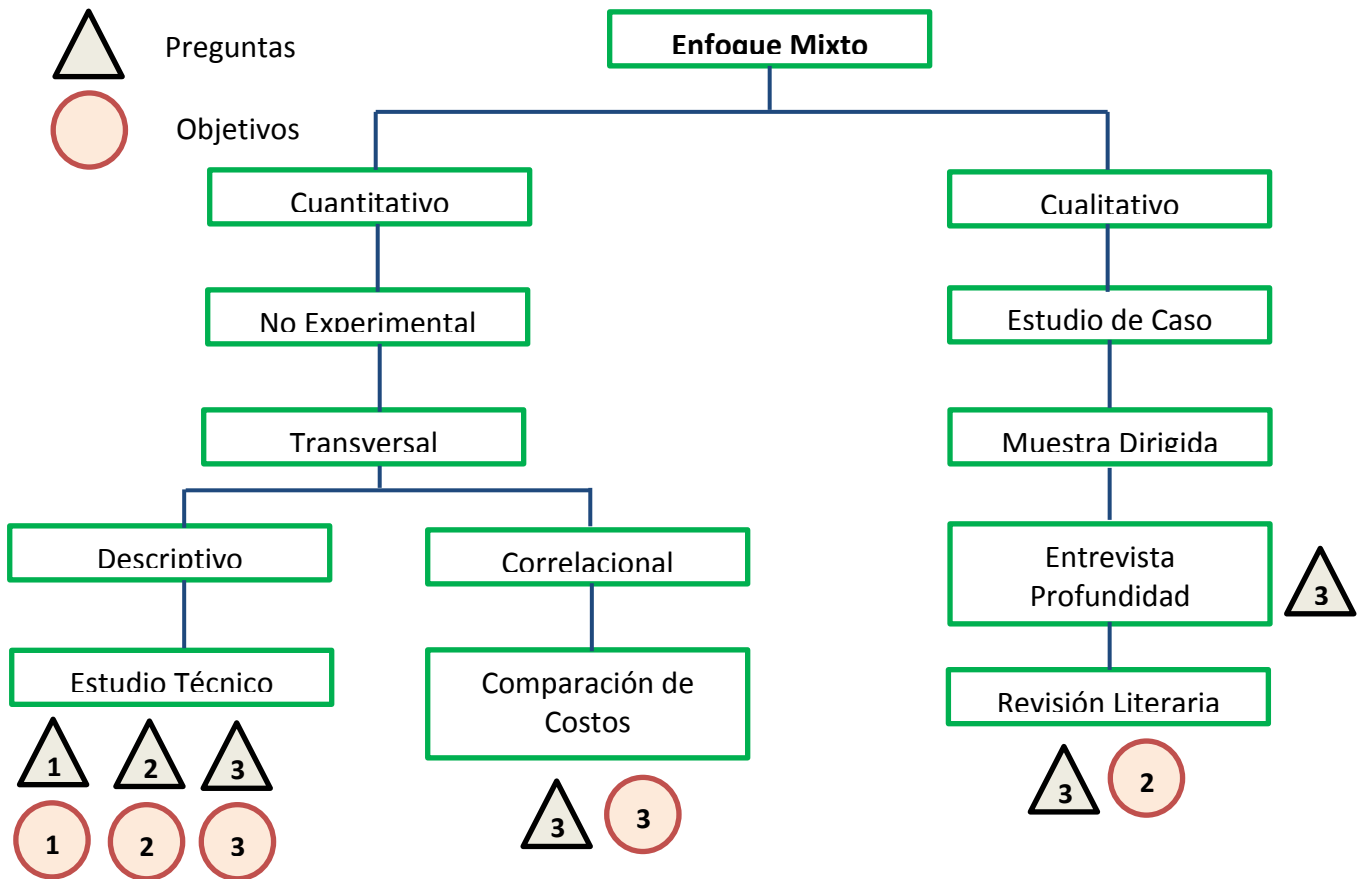


Figura 9 Estructura metodológica

En la figura 9 se muestra un enfoque mixto ya que vincula y analiza datos cuantitativos y cualitativos del estudio, que permitirá responder el planteamiento del problema. En el enfoque cuantitativo se estudian las variables técnicas, es decir: la cantidad de vehículos, resistencia de los materiales de la estructura de pavimento y los costos iniciales de construcción y mantenimiento. Será bajo una modalidad no experimental. Debido a que la orientación del estudio es un periodo definido y el grado de control de las variables es bajo. Y de tipo transversal, pues la investigación recopila datos en un momento dado, es decir, datos recopilados en un tiempo determinado. El diseño de la investigación tiene un alcance descriptivo y la técnica a utilizar es el estudio técnico que contestará las preguntas uno, dos y tres. Será de tipo correlacional

ya que muestra la relación entre las variables técnicas para tomar una decisión entre las alternativas de pavimentación. Con la ayuda del enfoque cualitativo se recolectarán datos que no requieren medición numérica para afinar las preguntas de investigación, es así que se contestarán las preguntas y objetivos específicos uno, dos y tres. Se utiliza una muestra dirigida pues permitirá una mejor recolección y análisis de datos. La técnica a utilizar es la entrevista profunda que contestará la pregunta tres, así mismo se utilizará la revisión literaria que contestará las preguntas dos y el objetivo dos.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación define la metodología utilizada para responder a las preguntas de investigación, y establece las herramientas a utilizar para cumplir con los objetivos del proyecto.

3.3.1 POBLACIÓN

La población del estudio, se considera el parque vehicular de la comunidad de Trinidad de Copán, que de acuerdo a los datos encontrados en la Dirección Ejecutiva de Ingresos (2011) es de 234 vehículos.

3.3.2 MUESTRA

La muestra de este estudio es directamente el parque vehicular con su composición respectiva, y que circulan actualmente en la vía, que es promedio 418 vehículos diarios, según el conteo hecho en el campo a través del instrumento del estudio técnico (Fondo Vial, 2012).

3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis, es decir el o los elementos sobre quienes se va a recolectar la información a analizar, para esta investigación es la cantidad de vehículos que

circulan por el tramo, las características de los materiales disponibles en la zona del proyecto para conforma la estructura de pavimento y los costos de construcción y mantenimiento.

3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA

La unidad de respuesta está conformada por conteo o cantidades, es decir, vehículos, Lempiras, metros, metros cúbicos, entre otros.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación se definen las técnicas e instrumentos utilizados para la obtención de la información y análisis de los datos para la realización del análisis cuantitativo y cualitativo de la investigación.

3.4.1 INSTRUMENTOS

En toda investigación cuantitativa se aplica un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis. Esta medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa las variables que tenemos en mente. Se trata de un precepto básico del enfoque cuantitativo. Al medir estandarizamos y cuantificamos los datos (Hernández, 2008).

Los instrumentos utilizados para recolectar la información del análisis cuantitativo son:

- 1) Formulario de conteo de tráfico en el sitio, en este formulario se registra la cantidad de vehículos que circula en un periodo de doce horas, registrando el tipo y cantidad de vehículos que circulan durante tres días.(Ver Anexo 1)

- 2) Observación, la definición de observación, de acuerdo con la RAE (2010) es la “acción y efecto de observar”, la cual indica mirar con atención. Con el apoyo de esta técnica se recopilaron datos de cantidades de vehículos en circulación, los. Esta técnica contribuye a dar respuesta a la pregunta uno de investigación. Así mismo se pudo identificar la hora pico en el tramo. (Ver Anexo 1)
- 3) Entrevista, aplicada mediante conversación por medio de la cual se obtuvo información. La entrevista fue aplicada a ingenieros que tuvieran experiencia en el diseño de estructuras de pavimento, y que contribuyeron a definir el curso del presente trabajo.(Ver Anexo 2)
- 4) Guía de diseño AASHTO 1993, a través del uso de la ecuación empírica donde la carga aplicada por los diferentes vehículos que transitan por la vía puede ser simplificada utilizando ESALs (ejes simples equivalentes) de diseño, tanto para pavimento flexible como para pavimento rígido.
- 5) Análisis del beneficio neto en al año 2014, a través de la técnica de valor presente neto (VPN), utilizando los costos iniciales de construcción y de mantenimiento para poder tomar una decisión.
- 6) Estudio técnico, a través del el estudio técnico será posible comparar para cada alternativa de pavimentación la cantidad de vehículos, las propiedades o características de los materiales a utilizar en las alternativas de pavimentación y conocer las cantidades de obra para obtener costos de construcción.

Los instrumentos utilizados para recolectar la información del análisis cualitativo son:

- 1) Guía de la entrevista, la guía para la entrevista profunda consiste en una serie de preguntas abiertas dirigidas a diseñadores de estructuras de pavimento, con el fin de obtener información y datos que sustenten la investigación. (Ver Anexo 2)

- 2) Revisión de literatura, la revisión de la literatura incluye la revisión de estudios técnicos realizados para diseñar estructuras de pavimento y otros estudios que contribuirán a responder las preguntas de investigación.

3.4.2 PROCEDIMIENTOS

En la sección se describieron los instrumentos utilizados para recolectar la información para elaborar el presente trabajo, a continuación se explica brevemente el procedimiento que se siguió para aplicar cada instrumento:

- 1) El conteo de tráfico se realizó en el año 2012, sin embargo, fue necesario realizar una proyección del tráfico promedio diario para el año 2014, haciendo uso de una tasa de crecimiento de 3.5%. Cabe mencionar que el conteo de tráfico realizado en el 2012, se llevó a cabo en un periodo de 12 horas(de seis de la mañana a seis de la tarde), por lo que fue necesario proyectar el tráfico de las seis de la tarde a las seis de la mañana, y contar así con un conteo de 24 horas.
- 2) Mediante la observación fue posible, no solamente verificar la cantidad de vehículos que circulan por la carretera, sino también, la localización del proyecto, conocer los materiales en la zona.
- 3) La entrevista fue aplicada a los ingenieros: José Armando García, Francisco Montes y Roy Alonzo, quienes han diseñado estructuras de pavimento para diferentes proyectos en el país. La guía de entrevista se puede observar en el Anexo 3.
- 4) Para poder realizar la revisión de la estructura de pavimento, tanto flexible como rígido, se hizo uso de la guía de diseño AASHTO 1993.
- 5) Para poder conocer el valor presente neto, se hizo uso de los costos iniciales de construcción y de los costos de mantenimiento. Cabe mencionar que aunque la vida útil del pavimento flexible es de 15 años y para el pavimento rígido es de 20 años, se

hizo uso del mínimo común múltiplo para tener una frontera de comparación de la misma magnitud.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Dankhe (1989) Citado por (Hernández, 2010), describen que las fuentes de información deben ser pertinente, válidas y confiables. Pueden diferenciarse tres tipos básicos de información:

- 1) Fuentes primarias o directas proporcionan datos de primera mano.
- 2) Fuentes secundarias compila de primera mano.
- 3) Fuentes terciarias compila fuentes secundarias.

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias para este estudio fueron:

- 1) Visita de campo, se recorrió el tramo carretero CA-4-Trinidad con el fin de conocer el estado actual de la carretera.
- 2) Bases de datos con documentos del diseñador del tramo carretero.
- 3) Mapas, planos y diseño elaborado por el diseñador.

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Como fuentes secundarias se tomaron:

- 1) Libros de textos

2) Tesis

3) Documentos de instituciones gubernamentales (Fondo Vial).

3.6 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Debido a la serie de complicaciones que se presentaron en el desarrollo de la tesis, a continuación se enumeran algunas de ellas:

- 1) Tiempo, ya que se debe desarrollar el tema en el menor tiempo posible.
- 2) Ubicación del proyecto, pues se encuentra ubicado a aproximadamente 350 kilómetros de la ciudad de Tegucigalpa, lo que dificultó la obtención de la información.
- 3) Costos, debido a que el proyecto objeto de estudio se encuentra lejos de Tegucigalpa, se debió invertir en costos de transporte, alimentación y hospedaje son elevados.
- 4) La información relevante al municipio de Trinidad de Copán no se encuentra en bases de datos en internet, solamente fue posible conseguirla visitando el municipio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se discute y analiza los resultados del trabajo de investigación realizados para poder así determinar la mejor alternativa de pavimentación. Así mismo las preguntas de investigación se irán contestando, según los resultados y análisis correspondientes. Al final se le dará respuesta a la hipótesis de investigación, aceptando o rechazando la hipótesis nula.

4.1 ANÁLISIS TÉCNICO

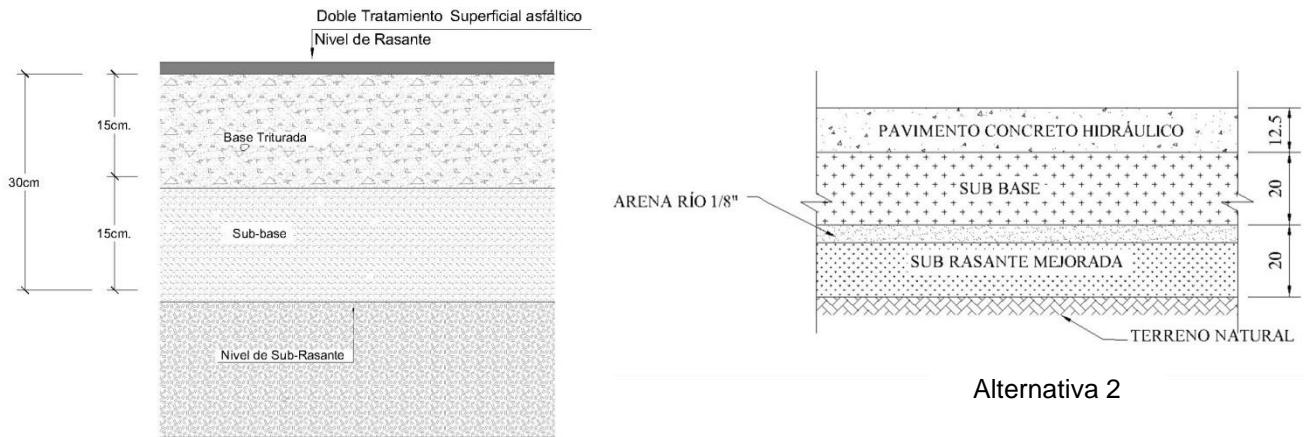
El análisis se realizó tomando en cuenta las variables de investigación, es decir, la cantidad de vehículos que circulan por el tramo, características físicas y mecánicas de los materiales, costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento, para así poder determinar cuál de las dos alternativas es la más conveniente, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Es importante mencionar, que antes de analizar las variables de investigación, se mostrará el diseño con el cual contaba Fondo Vial antes de comenzar la pavimentación, es decir, dos diseños que consistían en lo siguiente:

Tabla 8 Alternativas de pavimentación Diseño Original Fondo Vial SOPTRAVI

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	ALTERNATIVA 1 PAVIMENTO FLEXIBLE	ALTERNATIVA 2 PAVIMENTO RÍGIDO
Carpeta de rodadura	Doble tratamiento superficial asfáltico	Losa de concreto hidráulico de 12.5 cm de espesor
Base	15 cm	---
Sub base	15 cm	20 cm, estabilizado con cal al 3%
Sub rasante	---	20 cm mejorados con 15 cm de material del sitio adicionando 5 cm de arena de 1/8" para tener un total de 20 cm
Ancho de calzada	6.00 m	6.00 m

Fuente: (Fondo Vial, 2012)

En la tabla 8, se puede observar las estructuras de pavimento mencionadas en la tabla anterior:



Alternativa 1
Figura 10 Alternativas de Pavimentación

En la figura 10, se puede observar de manera gráfica las alternativas de pavimentación, que consisten como se menciona anteriormente en una estructura de pavimento flexible y otra de pavimento rígido.

En base a los diseños anteriores se realizará la evaluación técnica, tomando en cuenta las variables de investigación, tales como cantidad de vehículos, características físicas y mecánicas de los materiales a ser utilizados en la estructura de pavimento y costos iniciales de construcción y mantenimiento, para saber cuál de las alternativas mencionadas es la más conveniente.

4.1.1 CANTIDAD DE VEHÍCULOS

Los Estudios de Tráfico proporcionan información relevante a la composición vehicular de un tramo carretero determinado, es decir, por tipo de vehículo, tráfico promedio diario anual (actual, con y sin proyecto), pesos de los vehículos, seguridad vial, capacidad vial, niveles de servicio y demás. El objeto principal, de éste tipo de estudio, es proporcionar toda aquella información de tráfico, que un equipo

multidisciplinario en diferentes especialidades (Vialidad, Pavimentos, Puentes, Costos y Presupuestos, Economía, Medio Ambiente, Recuperación de la Inversión) requiera como insumos para realizar un estudio o diseño de una vía, que permita acomodar al tráfico actual y futuro, en condiciones de confort adecuadas (nivel de servicio) al presupuesto con que se disponga.

Para poder identificar la cantidad de vehículos que circulan por el tramo, se consideró el estudio realizado por el Fondo Vial en el mes de abril de 2012, mediante la realización de censos de tráfico. Se identificaron dos estaciones de conteo: la estación 3+020 contabilizando el tráfico que se dirige de Trinidad de Copán hacia la carretera de Occidente CA-4 (sentido 1), y otra en la estación 0+320 contabilizando el tráfico que se dirige de la carretera de Occidente CA-4 a la comunidad de Trinidad de Copán, para lo cual se dispuso de cuatro contadores de tráfico

Este conteo se realizó durante los días miércoles 25, jueves 26 y viernes 27 del de abril del año 2012, en un horario de doce (12) horas diarias, de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. Sin embargo, y de acuerdo a la entrevista realizada al Ing. Armando Aguilar y al Ing. Montes, sugirieron que para poder calcular el tráfico promedio diario anual es necesario:

- 1) Realizar la proyección al año 2014, con la información recolectada en el año 2012.
- 2) Conocer el tráfico durante las 24 horas del día, para lo cual se realizó una extrapolación, la cual se llevó a cabo de acuerdo al criterio de los diseñadores mencionados anteriormente. (Ver Anexo 3)

A continuación se muestran la tabla 9 con el resumen de tráfico en el sentido uno, es decir, los vehículos que se dirigen de Trinidad de Copán hacia la carretera de Occidente:

Tabla 9 Tráfico promedio diario, sentido 1

Sentido de conteo: De Trinidad a Carretera de Occidente CA-4 (0+000)			Código SOPTRAVI: 04V25400				TOTAL POR HORA
Estación Censal: 3+020			Longitud (Km): 3.80				
Horas:	Día:	MIÉRCOLES	Día:	JUEVES	Día:	VIERNES	
	Fecha:	25 - 04 - 2012	Fecha:	26 - 04 - 2012	Fecha:	27-04-2012	
6:00 – 7: 00 a.m.		14		8		15	37
7:00 – 8:00 a.m.		10		13		11	34
8:00 – 9:00 a.m.		17		17		18	52
9:00 – 10:00 a.m.		11		12		9	32
10:00 – 11:00 a.m.		14		10		12	36
11:00 a.m. – 12:00 m.		11		8		11	30
12:00 m. – 1:00 p.m.		13		5		6	24
1:00 – 2:00 p.m.		13		16		15	44
2:00 – 3:00 p.m.		11		12		15	38
3:00 – 4:00 p.m.		12		10		30	52
4:00 – 5:00 p.m.		11		14		18	43
5:00 – 6:00 p.m.		14		17		13	44
6:00 – 7: 00 p.m.		14		8		15	37
7:00 – 8:00 p.m.		10		13		11	34
8:00 – 9:00 p.m.		2		2		2	6
9:00 – 10:00 p.m.		2		2		2	6
10:00 – 11:00 p.m.		2		2		2	6
11:00 p.m. – 12:00 m.		2		2		2	6
12:00 m. – 1:00 a.m.		1		1		1	3
1:00 – 2:00 a.m.		1		1		1	3
2:00 – 3:00 a.m.		1		1		1	3
3:00 – 4:00 a.m.		1		1		1	3
4:00 – 5:00 a.m.		1		1		1	3
5:00 – 6:00 a.m.		1		1		1	3
Total:		189		177		213	
Tráfico Promedio Diario:						193	

Fuente: Fondo Vial, 2012

En la tabla anterior se puede observar que el día que más circulación hubo fue el viernes, así mismo el tráfico promedio diario en el sentido 1 es de 193 vehículos, lo cual es una cantidad baja de vehículos. En la tabla 10, se muestra la cantidad de vehículos que circulan en el sentido 2 es decir de la carretera de Occidente CA-4 hacia la comunidad de Trinidad de Copán:

Tabla 10 Tráfico promedio diario, sentido 2

Sentido de conteo: De Carretera de Occidente CA-4 a Trinidad (3+800)			Código SOPTRAVI: 04V25400				TOTAL POR HORA
Estación Censal: 3+020			Longitud (Km): 3.80				
Horas:	Día:	MIÉRCOLES	Día:	JUEVES	Día:	VIERNES	
	Fecha:	25 - 04 - 2012	Fecha:	26 - 04 - 2012	Fecha:	27-04-2012	
6:00 - 7: 00 a.m.	6		13		13	32	
7:00 - 8:00 a.m.	8		10		12	30	
8:00 - 9:00 a.m.	23		17		16	56	
9:00 - 10:00 a.m.	14		11		17	42	
10:00 - 11:00 a.m.	11		14		14	39	
11:00 a.m. - 12:00 m.	8		11		16	35	
12:00 m. - 1:00 p.m.	9		13		16	38	
1:00 - 2:00 p.m.	18		13		27	58	
2:00 - 3:00 p.m.	12		11		15	38	
3:00 - 4:00 p.m.	7		13		13	33	
4:00 - 5:00 p.m.	15		11		17	43	
5:00 - 6:00 p.m.	21		14		9	44	
6:00 - 7: 00 p.m.	6		13		13	32	
7:00 - 8:00 p.m.	8		10		12	30	
8:00 - 9:00 p.m.	2		2		2	6	
9:00 - 10:00 p.m.	2		2		2	6	
10:00 - 11:00 p.m.	2		2		2	6	
11:00 p.m. - 12:00 m.	2		2		2	6	
12:00 m. - 1:00 a.m.	1		1		1	3	
1:00 - 2:00 a.m.	1		1		1	3	
2:00 - 3:00 a.m.	1		1		1	3	
3:00 - 4:00 a.m.	1		1		1	3	
4:00 - 5:00 a.m.	1		1		1	3	
5:00 - 6:00 a.m.	1		1		1	3	
Total:	180		188		224		
Tráfico Promedio Diario:						198	

Fuente: Fondo Vial, 2012

En las tablas nueve y diez se muestran los resultados del tráfico promedio diario que circula por el tramo CA-4-Trinidad, obteniendo un total de 391 vehículos al día, lo que refleja un bajo tráfico de vehículos por el tramo. Así mismo, a continuación se muestra la proyección al 2014, es decir, dos años después de realizado el estudio.

En las tablas 11 y 12 que se muestran a continuación se puede observar la proyección realizada para el año 2014, ya que como se explicó anteriormente se contaba solamente con información del año 2012. Se utilizó una tasa de crecimiento de 3.5%, la cual se relaciona con el crecimiento del PBI en el año 2013, según datos de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina). Es usual en los estudios internacionales vincular el crecimiento del tráfico a la evolución del PBI, debido a la alta correlación entre ambas variables (Baraza & Monterosa, 2013)

Tabla 11 Proyección tráfico promedio diario al 2014, sentido 1

PROYECCIÓN AL AÑO 2014							TOTAL POR HORA
Horas:	Día:	MIÉRCOLES	Día:	JUEVES	Día:	VIERNES	
	Fecha:	25/04/2014	Fecha:	26/04/2014	Fecha:	27-04-2014	
6:00 – 7: 00 a.m.		15		9		16	40
7:00 – 8:00 a.m.		11		14		12	36
8:00 – 9:00 a.m.		18		18		19	56
9:00 – 10:00 a.m.		12		13		10	34
10:00 – 11:00 a.m.		15		11		13	39
11:00 a.m. – 12:00 m.		12		9		12	32
12:00 m. – 1:00 p.m.		14		5		6	26
1:00 – 2:00 p.m.		14		17		16	47
2:00 – 3:00 p.m.		12		13		16	41
3:00 – 4:00 p.m.		13		11		32	56
4:00 – 5:00 p.m.		12		15		19	46
5:00 – 6:00 p.m.		15		18		14	47
6:00 – 7: 00 p.m.		15		9		16	40
7:00 – 8:00 p.m.		11		14		12	36
8:00 – 9:00 p.m.		2		2		2	6
9:00 – 10:00 p.m.		2		2		2	6
10:00 – 11:00 p.m.		2		2		2	6
11:00 p.m. – 12:00 m.		2		2		2	6
12:00 m. – 1:00 a.m.		1		1		1	3
1:00 – 2:00 a.m.		1		1		1	3
2:00 – 3:00 a.m.		1		1		1	3
3:00 – 4:00 a.m.		1		1		1	3
4:00 – 5:00 a.m.		1		1		1	3
5:00 – 6:00 a.m.		1		1		1	3
Total:		203		190		227	
Tráfico Promedio Diario:							207

Tabla 12 Proyección tráfico promedio diario al 2014, sentido 2

PROYECCIÓN AL AÑO 2014							TOTAL POR HORA
Horas:	Día:	MIÉRCOLES	Día:	JUEVES	Día:	VIERNES	
	Fecha:	25/04/2014	Fecha:	26/04/2014	Fecha:	27-04-2014	
6:00 – 7: 00 a.m.	6		14		14		34
7:00 – 8:00 a.m.	9		11		13		32
8:00 – 9:00 a.m.	25		18		17		60
9:00 – 10:00 a.m.	15		12		18		45
10:00 – 11:00 a.m.	12		15		15		42
11:00 a.m. – 12:00 m.	9		12		17		37
12:00 m. – 1:00 p.m.	10		14		17		41
1:00 – 2:00 p.m.	19		14		29		62
2:00 – 3:00 p.m.	13		12		16		41
3:00 – 4:00 p.m.	7		14		14		35
4:00 – 5:00 p.m.	16		12		18		46
5:00 – 6:00 p.m.	22		15		10		47
6:00 – 7: 00 p.m.	6		14		14		34
7:00 – 8:00 p.m.	9		11		13		32
8:00 – 9:00 p.m.	2		2		2		6
9:00 – 10:00 p.m.	2		2		2		6
10:00 – 11:00 p.m.	2		2		2		6
11:00 p.m. – 12:00 m.	2		2		2		6
12:00 m. – 1:00 a.m.	1		1		1		3
1:00 – 2:00 a.m.	1		1		1		3
2:00 – 3:00 a.m.	1		1		1		3
3:00 – 4:00 a.m.	1		1		1		3
4:00 – 5:00 a.m.	1		1		1		3
5:00 – 6:00 a.m.	1		1		1		3
Total:	192		202		239		
Tráfico Promedio Diario:					211		

Como se puede observar en las tablas 11 y 12, el tráfico promedio diario para el año 2014 es de 418 vehículos durante un periodo de 24 horas, el cual se considera un bajo tráfico. Así mismo se puede decir que existen diferencias en el tráfico que viene de Trinidad de Copán (207 vehículos) y el tráfico que va hacia la comunidad de Trinidad de Copán (211 vehículos). En la figura que se muestra a continuación se puede observar la cantidad de vehículo que circulan en cada hora:

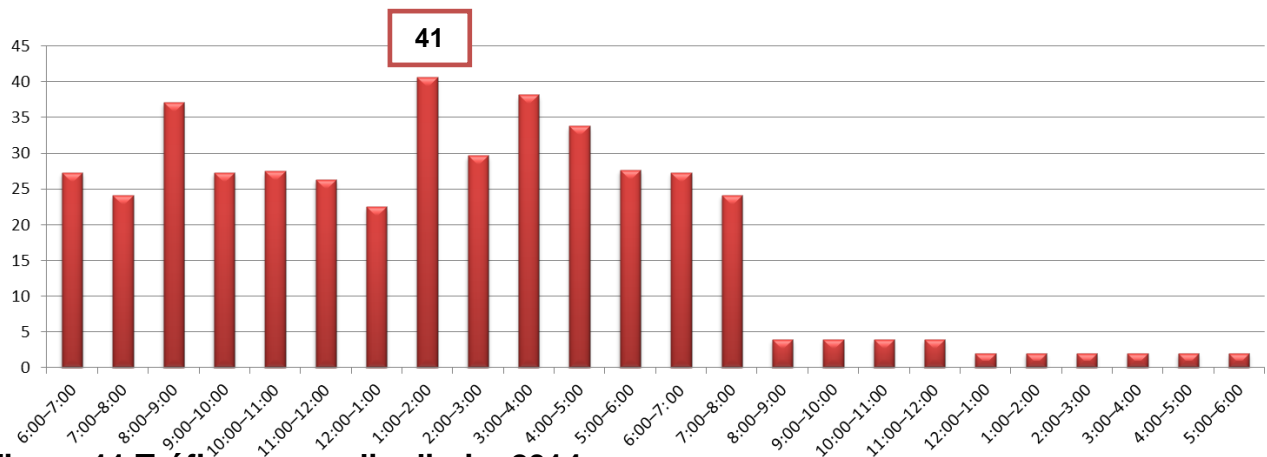


Figura 11 Tráfico promedio diario, 2014

En la figura 11, se muestran la cantidad de vehículos que circulan por el tramo CA-4-Trinidad de Copán, durante un periodo de 24 horas, donde se pudo determinar que la hora durante la que más tráfico circula es de una a dos de la tarde, con un total de 41 vehículos. Como se explicó anteriormente, siendo el tráfico un factor importante a considerar en los estudios o diseños viales, es de gran importancia conocer la estimación del tráfico promedio diario anual (TPDA) de la situación actual, al cual está siendo sometido o estará sometido el tramo.

La estimación del TPDA de la situación futura implica adoptar un modelo de demanda del transporte, tasas de crecimiento vehicular (única, por tipo o sub-tipo de vehículo) y periodo de diseño (10, 15 o 20 años). Para conocer la mejor estimación del TPDA, es necesario realizar de manera precisa y apropiada las proyecciones de tráfico, las cuales nos muestran un valor aproximado a la realidad venidera sobre el comportamiento y composición del tráfico del proyecto.

Es decir, las proyecciones de tráfico se basan en factores del tráfico actual, tasas, años de crecimiento y distintas fórmulas que proyectan el comportamiento del mismo a través del tiempo. Cualquiera de dichos factores que este fuera de las condiciones actuales aplicables para el proyecto podría resultar en consecuencias no favorables.

Cabe recordar que el análisis de todos los factores en mención debe hacerse de acuerdo siempre a las condiciones locales del proyecto, tomando en consideración incluso índices demográficos y socioeconómicos que puedan llegar afectar el mismo. Si se proyectan una cantidad menor de vehículos de la que realmente circulará en dicho tramo, el diseño no podrá soportar el volumen del tránsito futuro y el tráfico vehicular no disminuirá. Si se proyectan demasiados vehículos en comparación a lo que realmente crece el parque vehicular, la obra caerá en un sobre diseño, lo cual elevará los costos del proyecto de manera excesiva. Aquí radica la importancia de las proyecciones de tráfico.

Para tener una idea del comportamiento del tráfico del proyecto al igual que establecer una base histórica para comparaciones posteriores es necesario contar con toda la información de conteos hechos con anterioridad. Sin embargo, y de acuerdo a la visita de campo realizada, se pudo constatar que el municipio de Trinidad de Copán no cuenta con conteos hechos con anterioridad. Un punto a resaltar es que debido a que el proyecto se encuentra localizado en una zona rural, y como parte de los deseos de iniciar una base histórica de censos de tráfico del proyecto; los censos de tráfico realizados fueron clasificados por sub-tipos de vehículos, direccionales, conforme a la clasificación utilizada por la UPEG

En la tabla 13 se muestra la cantidad de vehículos por tipo, que de acuerdo a la Unidad de Planificación General (UPEG), se estima responden adecuadamente a la flota vehicular hondureña y es el tipo de vehículos utilizados en los censos volumétricos. (SOPTRAVI, 2012).

Tabla 13 Cantidad por tipo de vehículo

RESUMEN Tipo Vehículo	TPD TOTAL	Comp. %
Turismo	80	10.87
Pick Ups y Utilitarios	505	68.61
Buses	27	3.87
Camión 2E	103	13.99
Camión 3E	21	2.85
Rastras	---	---
Total	736	100
Vehículos Livianos =	79.50%	
Vehículos Pesados =	20.50%	

Como se puede observar en la tabla anterior, la cantidad de vehículos que circula por el tramo son en su mayoría, pick up, que representan el 68.61% de total de vehículos que circulan por el tramo, siendo los camiones de 3 ejes los que menos circulan por el tramo y que representan el 2.85% del total de vehículos. Por lo que se puede decir que la mayor parte de vehículos que circula por la carretera con vehículos livianos.

A continuación se muestran diferentes definiciones a tener en cuenta para comprender mejor las proyecciones de tráfico, son las siguientes:

4.1.1.1 Tráfico Normal

El tráfico normal es el que circula por la red existente cuando se realiza el estudio. Este presenta una evolución propia dentro de la red como consecuencia de los parámetros característicos de la misma” (Lidon, 1989).

4.1.1.2 Tráfico Promedio Diario Anual

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 horas al día durante y los 365 días del año. Los volúmenes de tráfico (TPDA) y (TPD), sirven para justificar el

diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica. («Ingeniería de tráfico», s. f.)

4.1.1.3 Tráfico Generado

El tráfico generado es aquel que se produce por las mejoras del proyecto. Puede ser de diferente magnitud. El tráfico generado atraído o transferido de otros medios de transporte. Son aquellos volúmenes de tráfico adicionales que normalmente circulaban por otro medio de transporte (aéreo, férreo, fluvial), o aun de aquellos tramos carreteros que se conectan al nuevo proyecto. («Ingeniería de tráfico», s. f.)

4.1.1.4 Tasa de crecimiento

Las tasas de crecimiento vehicular varían dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio o de otras vías de naturaleza similar. («IV. Estudio de Tráfico Condorcanqui - IV. Estudio de Tráfico Condorcanqui.pdf», s. f.)

A continuación se muestra la tabla 12 con las tasas de crecimiento.

Tabla 14 Tasas de crecimiento adoptadas

CA-Trinidad de Copán	Turismo	Pick Up	Buses	C2	C3
20 años (hasta el 2024)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

Fuente: (Rodrigo y Gabriela, 2013)

En la tabla 14, la tasa de crecimiento adoptada se ha estimado en un 3.5 %, durante los veinte años. El crecimiento promedio en tráfico de vehículos se estima 3.5% anual aproximadamente, la cual se relaciona con el crecimiento del PBI en el año 2013, según datos de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina). Es usual en los estudios internacionales vincular el crecimiento del tráfico a la evolución del PBI, debido a la alta correlación entre ambas variables (Baraza & Monterosa, 2013)

En la tabla 15, se muestra el tráfico promedio diario y proyectado por tipo de vehículo, en un periodo de 20 años.

Tabla 15 Tráfico diario y proyectado por tipo de vehículo

AÑOS	TIPO DE VEHICULO						TOTAL
	TURISMO	PICK-UPS	BUSES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	RASTRAS	
2014	80	505	27	103	21	0	736
2015	83	523	28	107	22	0	762
2016	86	541	29	110	22	0	788
2017	89	560	30	114	23	0	816
2018	92	579	31	118	24	0	845
2019	95	600	32	122	25	0	874
2020	98	621	33	127	26	0	905
2021	102	643	34	131	27	0	936
2022	105	665	36	136	28	0	969
2023	109	688	37	140	29	0	1,003
2024	113	712	38	145	30	0	1,038
2025	117	737	39	150	31	0	1,075
2026	121	763	41	156	32	0	1,112
2027	125	790	42	161	33	0	1,151
2028	129	817	44	167	34	0	1,191
2029	134	846	45	173	35	0	1,233
2030	139	876	47	179	36	0	1,276
2031	144	906	48	185	38	0	1,321
2032	149	938	50	191	39	0	1,367
2033	154	971	52	198	40	0	1,415
2034	159	1005	54	205	42	0	1,464

La tabla 15 muestra la proyección anual durante los 20 años, que lleva la cifra de 736 a 1,464 vehículos al año, aplicando un 3.5% de crecimiento durante los próximos 20 años. Los datos calculados anteriormente servirán, para calcular los ESALs de diseño, dato de mucha importancia para realizar la evaluación de la estructura de pavimento a partir de la cantidad de vehículos.

Es importante mencionar que la proyección realizada, ayudará a determinar los ESAL's (ejes equivalentes simples) de diseño, el cual es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje. En la tabla 16 se

muestra el cálculo de los ESAL's, utilizando como tasa de crecimiento anual 3.5% y un periodo de diseño de 20 años.

Tabla 16 Cálculo de ESAL's

Tasa de crecimiento anual (%)		3.5	Periodo de Diseño (años)		20
Tipo de vehículo	Tránsito Actual "A"	Factor de Crecimiento "B"	Tránsito de Diseño "C"	ESAL's Factor "D"	ESAL's de Diseño "E"
Turismos y Pick-ups	585	28.28	6038,419	0.0004	2,415
Buses	27	28.28	278,696	2.3130	644,624
Camión 2 ejes	103	28.28	1063,175	2.3130	2459,123
Camión 3 ejes	21	28.28	216,764	1.5530	336,634
Rastras	0	28.28	-	2.6830	-
Total Vehículos	736		ESAL's de diseño		3442,797
Factor de Dirección	0.5		Factor de Carril		1.0
ESAL's por carril de transito			1721,398	Usar	1.72 x10E+06

Es así que el ESAL's de diseño a utilizar en la evaluación del tipo de pavimento a utilizar es de 1,720,000 ejes equivalentes simples, valor que de acuerdo al manual AASHTO es clasificado como un tráfico pesado.

4.1.1.1.1 MÉTODO AASHTO 1993

En el capítulo II, se hizo referencia al método AASHTO de 1993, que de acuerdo al Manual de Carreteras de Honduras puede ser utilizado para el diseño de pavimento flexible y rígido. Es importante mencionar que la presente tesis de investigación pretende realizar solamente una revisión, no el diseño de la estructura de pavimento, utilizando como guía el método AASHTO de 1993.

4.1.1.1.1.1 LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO

Para poder realizar la evaluación de la losa de concreto hidráulico propuesta por el diseñador (12.5 cm), se utilizará la siguiente fórmula para determinar el espesor de la losa, utilizando el valor de ESAL's determinado en la sección anterior como uno de los datos de entrada en la fórmula.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \lg(D+1) - 0,06 + \frac{\lg \frac{\Delta PSI}{4,5-1,5}}{1 + \frac{1,625 \cdot 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_t) * \lg \frac{S'_0 C_d (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 J \left(D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0,25}} \right)}$$

Figura 12 Ecuación para el cálculo de espesor de losa

Fuente: AASHTO 1993

La figura 11 muestra la ecuación para calcular el espesor de losa, donde:

- W_{18} = Tránsito estimado para el periodo de vida útil en ejes equivalentes de 18 kips (80 kN) “ESALs”
- Z_R = Factor de desviación Normal para el nivel de confiabilidad R S_0 = Desvío estándar de todas las variables
- D = Espesor de la losa en pulgadas
- ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño
- P_t = Serviciabilidad final
- S'_C = Módulo de rotura del hormigón en (psi)
- J = Coeficiente de transferencia de cargas
- C_d = Coeficiente de drenaje
- E_C = Módulo de elasticidad del hormigón en (psi)
- K = Módulo efectivo de reacción de la sub rasante (psi/pulg)

En la tabla que se muestra a continuación, se muestran los valores obtenidos para cada uno de los datos de entrada de la ecuación de la figura 11.

Tabla 17 Datos de Entrada

DATOS DE ENTRADA	FUENTE	VALOR OBTENIDO
W_{18}	Conteos de tráfico y proyecciones calculadas en tabla 15 y 16	1.72×10^6 ESAL's
Z_R	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, Tabla 4.1	-1.037
S_o	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, Tabla 4.1	0.35
ΔPSI	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, numeral 4.3.3	2.5
P_t	Manual AASHTO 1993, Sección II-10, página 100	2.5
S'_c	Módulo de ruptura 600 psi, Fondo Vial 2012	600 psi
J	Manual AASHTO 1993, Sección II-6, página 116	3.2
C_d	Manual AASHTO 1993, Sección II-22, página 112	1.00
E_c	$E_c = 57,000 \sqrt{f'_c} = 57,000 \sqrt{5,000}$ $= 4 \times 10^6 \text{ psi}$	4×10^6 psi
k	$k = \left(\frac{1,500 \times CBR}{26} \right)^{0.7788} = \left(\frac{1,500 \times 10}{26} \right)^{0.7788}$	141

Para poder calcular el espesor del pavimento se debe despejar para la variable D (espesor de la losa de pavimento hidráulico), de la ecuación mostrada en la figura 11, para lo cual se hizo uso del solucionador de ecuaciones («1993 AASHTO Rigid Pavement Structural Design | Pavement Interactive», s. f.). A continuación se muestra la resolución de la ecuación:

1993 AASHTO Empirical Equation for Rigid Pavements

Equation Solver

Variable Descriptions and Typical Values

Precautions

Type in data in the grey boxes and click the calculate button to see the output. To make additional calculations, change the desired input data and click the calculate button again. Click on the text descriptions of the input or output variables for more information.

INPUT	OUTPUT
1. Loading Total Design ESALs (W_{18}): <input type="text" value="1720000"/>	1. Calculation Parameters Standard Normal Deviate (z_R): <input type="text" value="-1.037"/>
2. Reliability Reliability Level in percent (R): <input type="text" value="85"/> ▼ Combined Standard Error (S_e): <input type="text" value="0.35"/>	ΔPSI : <input type="text" value="2.5"/> Calculated Slab Thickness (inches): <input type="text" value="7.644999"/>
3. Serviceability Initial Serviceability Index (p_i): <input type="text" value="5"/> Terminal Serviceability Index (p_f): <input type="text" value="2.5"/>	2. Slab Thickness (to the nearest 1/2 inch) Design Slab Thickness (inches): <input type="text" value="8"/>
4. Portland Cement Concrete Parameters Elastic Modulus (E_c) in psi: <input type="text" value="4000000"/> Modulus of Rupture (S'_c) in psi: <input type="text" value="600"/>	Comments <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>
5. Other Design Parameters Drainage Factor (C_d): <input type="text" value="1"/> Load Transfer Coefficient (J): <input type="text" value="3.2"/> Mod. of Subgrade Reaction (k) in pci: <input type="text" value="141"/>	

Figura 13 Ecuación empírica ASSTHO 1993, pavimento rígido

Fuente: («1993 AASHTO Rigid Pavement Structural Design | Pavement Interactive», s. f.)

En la figura anterior se puede observar que al resolver la ecuación, el valor obtenido para el espesor de la losa de pavimento es de 8 pulgadas, es decir, aproximadamente 20 centímetros. Como se expresó al inicio de éste capítulo el Fondo Vial contaba con un espesor de losa de 12.5 centímetros por lo que se puede decir que la losa que está siendo colocada actualmente no es suficiente para la cantidad de vehículos que circulan por el tramo.

4.1.1.1.2 DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Para poder realizar la evaluación del doble tratamiento superficial propuesto por el diseñador. Según la AASHTO el diseño del pavimento flexible está basado en la determinación del número estructural que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, para lo cual se utilizará la ecuación que se muestra en la figura

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \text{Log}M_R - 8.07$$

Figura 14 Ecuación para determinar el número estructural

Fuente: («1993 AASHTO Flexible Pavement Structural Design | Pavement Interactive», s. f.)

La figura 13 muestra la ecuación para calcular el número estructural, donde:

W_{18} = Tránsito estimado para el periodo de vida útil en ejes equivalentes de 18 kips (80 kN) “ESALs”

Z_R = Factor de desviación Normal para el nivel de confiabilidad R
 S_0 = Desvío estándar de todas las variables

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la sub rasante

SN = Número estructural

En la tabla que se muestra a continuación, se muestran los valores obtenidos para cada uno de los datos de entrada de la ecuación de la figura 13.

Tabla 18 Datos de Entrada

DATOS DE ENTRADA	FUENTE	VALOR OBTENIDO
W_{18}	Conteos de tráfico y proyecciones calculadas en tabla 15 y 16	1.72×10^6 ESAL's
Z_R	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, Tabla 4.1	-1.037
S_o	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, Tabla 4.1	0.35
ΔPSI	Manual AASHTO 1993, Sección I-62, página 84, numeral 4.3.3	2.5
M_R	Manual AASHTO 1993, Sección I-16, página 36	27000

Para poder calcular el espesor del pavimento se debe despejar para la variable SN (número estructural), de la ecuación mostrada en la figura 14, para lo cual se hizo uso del solucionador de ecuaciones («1993 AASHTO Flexible Pavement Structural Design | Pavement Interactive», s. f.). A continuación se muestra la resolución de la ecuación:

1993 AASHTO Empirical Equation for Flexible Pavements

Equation Solver
Variable Descriptions and Typical Values
Precautions

Type in data in the grey boxes and click the calculate button to see the output. To make additional calculations, change the desired input data and click the calculate button again. Click on the text descriptions of the input or output variables for more information.

INPUT	OUTPUT																				
<p>1. Loading Total Design ESALs (W_{18}): <input style="width: 80px;" type="text" value="1720000"/></p> <p>2. Reliability Reliability Level in percent (R): <input style="width: 40px;" type="text" value="85"/> ▾ Combined Standard Error (S_o): <input style="width: 60px;" type="text" value="0.35"/></p> <p>3. Serviceability Initial Serviceability Index (i): <input style="width: 40px;" type="text" value="5"/> Terminal Serviceability Index (p_t): <input style="width: 60px;" type="text" value="2.5"/></p> <p>4. Layer Parameters Number of Base Layers: <input style="width: 40px;" type="text" value="1"/> ▾</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">a</th> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">M_R</th> <th style="text-align: center;">Min. Depth</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Surface</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="0.42"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="1.0"/></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>Base 1</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="0.13"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="1"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text" value="27000"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 40px;" type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>Subgrade</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text" value="10000"/></td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> </tbody> </table>		a	m	M_R	Min. Depth	Surface	<input style="width: 40px;" type="text" value="0.42"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1.0"/>	N/A	<input style="width: 40px;" type="text" value="0"/>	Base 1	<input style="width: 40px;" type="text" value="0.13"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 60px;" type="text" value="27000"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="0"/>	Subgrade	N/A	N/A	<input style="width: 60px;" type="text" value="10000"/>	N/A	<p>1. Calculation Parameters Standard Normal Deviate (z_R): <input style="width: 60px;" type="text" value="-1.037"/> ΔPSI: <input style="width: 60px;" type="text" value="2.5"/> Design Structural Number (SN): <input style="width: 60px;" type="text" value="3.045"/></p> <p>2. Layer Depths (to the nearest 1/2 inch) Surface: <input style="width: 60px;" type="text" value="5.5"/> Base 1: <input style="width: 60px;" type="text" value="6"/> Total SN based on layer depths: <input style="width: 60px;" type="text" value="3.09"/></p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">See Solution Details</p> <p>Comments</p> <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div>
	a	m	M_R	Min. Depth																	
Surface	<input style="width: 40px;" type="text" value="0.42"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1.0"/>	N/A	<input style="width: 40px;" type="text" value="0"/>																	
Base 1	<input style="width: 40px;" type="text" value="0.13"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 60px;" type="text" value="27000"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="0"/>																	
Subgrade	N/A	N/A	<input style="width: 60px;" type="text" value="10000"/>	N/A																	
Calculate																					

Figura 15 Ecuación empírica ASSTHO 1993, pavimento flexible

Fuente: («1993 AASHTO Flexible Pavement Structural Design | Pavement Interactive», s. f.)

En la figura anterior se puede observar que al resolver la ecuación, el valor obtenido para el espesor de la carpeta asfáltica es de 3 pulgadas, es decir, aproximadamente 8 centímetros. Como se expresó al inicio de éste capítulo el Fondo Vial contaba con un doble tratamiento superficial asfáltico como carpeta de rodadura, por lo que se puede decir que dicha carpeta no sería suficiente para la cantidad de vehículos que circulan por el tramo.

Así mismo, y para comprobar que el cálculo realizado de acuerdo a la ecuación que se muestra en la figura 14, a continuación se muestra una tabla con los espesores mínimos de acuerdo a los ESAL's de diseño:

Tabla 19 Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes

Tránsito (ESAL's) en ejes equivalentes	Carpetas de concreto asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1.0 ó Tratamiento superficial	4.0
50,001 – 150,000	2.0	4.0
150,001 – 500,000	2.5	4.0
500,001 – 2,000,000	3.0	6.0
2,000,001 – 7,000,000	3.5	6.0
Mayor de 7,000,000	4.0	6.0

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

De acuerdo al cálculo realizado en la tabla 16, los ejes simples equivalentes ascienden a 1,720,000 ESAL's, por lo que el espesor de la carpeta asfáltica de acuerdo a la guía AASHTO, debe ser de 3.0" es decir aproximadamente 8 centímetros y la base granular de 6", es decir, aproximadamente 15 centímetros. De acuerdo a los datos con los que contaba el Fondo Vial, se puede decir que el doble tratamiento es insuficiente para la cantidad de vehículos, sin embargo con respecto al espesor de la base y la sub base se puede decir que si están dentro de los espesores requeridos para la cantidad de vehículos que circulan por el tramo.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES

Como se menciona anteriormente, la ciencia de la resistencia de materiales tiene como objetivo, estudiar el comportamiento de los sólidos deformables y establecer los criterios que nos permitan determinar el material más conveniente. A continuación se establecen las características especificadas que cada uno de los tipos de materiales que conforman la estructura del pavimento, deben de cumplir para poder ser utilizadas en la construcción de los pavimentos, y posteriormente se muestran las características de los materiales existentes en el sitio del proyecto.

Tabla 20 Especificaciones Técnicas de la estructura del pavimento

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Sub rasante	1) $CBR \geq 10\%$ 2) La humedad de trabajo no debe variar en $\pm 2\%$ respecto del óptimo contenido de humedad obtenido 3) 1/3 de la capa a compactar
Base	1) $CBR \geq 80\%$ 2) Índice de plasticidad ≤ 6 3) Límite líquido ≤ 30
Sub Base	1) $CBR \geq 40\%$ 2) Índice de plasticidad ≤ 6 3) Límite líquido ≤ 30
Agregado fino (arena)	1) Porcentaje que pasa 3/8": 100 2) Porcentaje que pasa malla #4: 95-100 3) Porcentaje que pasa malla #8: 80-100 4) Porcentaje que pasa malla #16: 50-85 5) Porcentaje que pasa malla #30: 25-60 6) Porcentaje que pasa malla #50: 10-30 7) Porcentaje que pasa malla #100: 2-10 8) Módulo de finura: 2.3 - 3.1
Agregado grueso (grava)	1) Porcentaje que pasa 1": 0 2) Porcentaje que pasa 3/4": 90-100 3) Porcentaje que pasa 3/8": 20-55 4) Porcentaje que pasa malla #4: 0-10 5) Porcentaje que pasa malla #8: 0-0 6) Peso específico: 2.65

Como se puede observar en la tabla 20, se listan las especificaciones mínimas que deben cumplir los materiales que componen la estructura del pavimento, así como los agregados a ser utilizados para fabricar el concreto que está siendo utilizado para la pavimentación del tramo carretero.

4.1.2.1 SUB RASANTE

La sub rasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento. Las propiedades de los suelos que la componen, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento. Las propiedades que se deben conocer son: granulometría, límites de atterberg, valor soporte (CBR), densidad (Proctor) y la humedad. («Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos», s. f.). En la tabla 21 se muestran las propiedades del suelo existente a lo largo de la carretera CA-4-Trinidad de Copán, que servirá como suelo de soporte para la estructura de pavimento:

Tabla 21 Resumen de muestras de suelos de la sub rasante

No.	Descripción	Muestra y Porcentaje que pasa						
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
1	Estación	0+800 L.D.	0+700 L.D.	1+300 L.I.	2+000 L.D.	2+500 L.D.	3+000 L.I.	3+5 00 L.D.
2	Clasificación Unificada	GC	CL	SC	SC	SC	SC	SC
3	Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)	A-6 (4)	A-7-5 (6)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)
4	3 ½							
5	3						100	
6	2 ½			100		100	97.7	100
7	2	100		97.5	100	99.1	95.0	95.2
8	1 ½	98.4		93.7	97.2	96.3	92.0	92.2
9	1	91.4	100	89.0	91.4	91.3	84.8	83.6
10	¾	86.1	99.7	86.3	85.9	87.4	79.5	78.2
11	½	76.2	98.4	81.8	75.7	79.1	71.6	68.4
12	3/8	68.7	94.3	78.7	69.5	72.6	66.1	63.2
13	No. 4	48.7	74.0	68.3	53.5	55.9	52.1	52.5
14	No. 8							
15	No. 10	32.5	73.1	61.5	42.7	45.7	43.7	44.7
16	No. 16							
17	No. 30							
18	No. 40	17.9	70.3	52.0	31.2	34.6	34.6	36.2
19	No. 50							
20	No. 100							
21	No. 200	11.7	54.5	43.0	20.2	24.3	25.0	22.7
22	Límite líquido	34.77	32.06	49.34	34.07	36.41	37.66	34.73
23	Índice de Plasticidad	16.33	11.19	24.23	11.88	14.17	12.21	9.0
24	Densidad en lb/pie ³	125.7	123.7	107.0	123.2	126.5	122.8	120.9
25	Humedad	8.7	11.8	15.6	11.5	10.0	12.2	11.5

No.	Descripción	Muestra y Porcentaje que pasa						
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
	óptima (%)							
26	C.B.R. saturado al 95%	49.0	3.3	2.8	29.3	16.5	23.0	26.2
27	C.B.R. saturado al 100%	65.0	3.9	3.8	32.0	21.5	34.0	39.0
28	Expansión	0.0	5.0	2.6	0.24	3.10	1.1	0.86

Fuente: (FONDO VIAL, 2013)

Como se puede observar en la tabla anterior se realizaron un total de siete calicatas en las estaciones: 0+080, 0+700, 1+300, 2+000, 2+500, 3+000 y 3+500, para poder conocer propiedades tales como:

1) Clasificación del suelo (unificada y AASHTO)

2) Granulometría

3) Límite líquido e índice de plasticidad

4) Densidad en lb/pie³

5) Humedad óptima

6) C.B.R. saturado al 95% y 100%

7) Expansión del suelo

Se ha tomado como base de verificación el Manual de Carreteras de 1976, donde se relatan las propiedades que debe tener la capa soportante del pavimento, en la tabla 20 se puede observar que los requerimientos para la sub rasante. Debido a que el diseñador propuso el mejoramiento de la sub rasante, el cual consistió en mejorar 20 cm del material existente agregando 5 centímetros de arena de 1/8", a continuación se muestran los resultados de laboratorio al realizar el procedimiento mencionado anteriormente:

- 1) Límite líquido 27.76
- 2) Índice de plasticidad 7.34
- 3) Densidad 124.70 lb/pie³
- 4) Humedad óptima 9.8%
- 5) CBR saturado al 95%: 48%
- 6) CBR saturado al 100%: 61.6%

Como se puede observar en los resultados anteriores la sub rasante cumple con la especificación de que el CBR debe ser mayor al 10%, por lo que se puede decir que los materiales existentes en la zona de la carretera son adecuados y pueden servir como capa de soporte para ambas alternativas de pavimentación.

4.1.2.2 BASE

La base es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura de pavimento, diseñada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas sub yacentes. («Manual de carreteras de Paraguay», s. f.) Como se hizo mención en el numeral 2.2.1.1 Clasificación de Pavimentos, del Capítulo II. Marco Teórico, la estructura de pavimento flexible debe contar con la capa de base, sin embargo la estructura de pavimento rígido no.

Ya que no se cuenta con una muestra de suelo del tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán, se tomó como referencia la muestra más cercana, en este caso, la muestra tomada en la carretera de Occidente CA-4 en la estación 115+713, cuyas propiedades fueron las siguientes:

Tabla 22 Muestra de base, estación 115+713

No.	Descripción	Muestra y porcentaje que pasa
		No. 1
1	Estación	115+713
2	Clasificación Unificada	SM-SC
3	Clasificación AASHTO	A-1a (0)
4	Límite líquido	25
5	Índice de Plasticidad	5.01
6	Densidad en lb/pie ³	130.5
7	Humedad óptima (%)	8
8	C.B.R. saturado al 95%	57.6
9	C.B.R. saturado al 100%	79.6
10	Expansión	0.0

Fuente: Diagnóstico CA-4, COALIANZA 2012

A continuación se muestran los requerimientos que debe cumplir la base para un pavimento flexible:

- 1) Clasificación AASHTO: A-1a (0)
- 2) Límite líquido: 25% máximo
- 3) Índice de plasticidad: 6 máximo
- 4) Densidad en lb/pie³: 100 mínima
- 5) Humedad óptima: $\pm 2\%$
- 6) Capacidad de soporte CBR al 95% de compactación: 80%
- 7) Expansión: máximo 0.5%

Al realizar la comparación con los requerimientos que debe cumplir la base, se puede decir lo siguiente:

- 1) Clasificación AASHTO: como se puede observar en la tabla 13 el suelo tiene una clasificación A-1a (0), por lo que se puede decir que cumple el requerimiento.
- 2) Límite líquido: la muestra de suelo posee 25%, por lo que cumple el requerimiento.
- 3) Índice de plasticidad: es 5.01, por lo que se puede decir que se encuentra dentro del rango, 6 máximo.
- 4) Densidad en lb/pie³: la muestra posee 130.5 en lb/pie³, por lo que se puede decir que se encuentra dentro del rango.
- 5) Humedad óptima: posee 8%, por lo que se puede decir que la humedad en campo debe oscilar entre 6% y 10% para realizar la compactación de manera adecuada.
- 6) Capacidad de soporte CBR al 95% de compactación: 57.6% por lo que se puede decir que deberá realizarse un mejoramiento de las propiedades de la base, mediante la adición de cal o cemento.
- 7) Expansión: 0.0% por lo que se puede decir que está dentro del rango.

En general se puede decir que la base encontrada en la estación 115+713, cumple con los requerimientos exigidos. Otro aspecto que hay que tomar en cuenta es la distancia a la que se encuentra del proyecto, aunque el material se encuentra a aproximadamente seis (6) kilómetros del centroide del proyecto los costos de sobre acarreo no serían tan elevados, para poder utilizar este material.

4.1.2.3 SUB BASE

La sub base, es la capa situada debajo de la base, suelos mejorados con cemento o cal, y sobre la explanada, siendo su función principal la de proporcionar a la base un cimiento uniforme, además de cumplir con una función drenante. La sub base puede

estar constituida por gravas y arenas naturales, suelos mejorados con cemento o cal.(Moll Martínez, 2010)

En la tabla 23 se muestran las propiedades del material a ser utilizado como sub base en el tramo carretero:

Tabla 23 Propiedades de la sub base

No.	Descripción	Muestra y porcentaje que pasa
		No. 1
1	Estación	Muestra tomada en el Río Chamelecón, Sector La Jigua
2	Clasificación Unificada	GM-GC
3	Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
4	3 ½"	100
5	3"	96.9
6	2 ½"	88.8
7	2"	86.2
8	1 ½"	73.2
9	1"	60.9
10	¾"	55.4
11	½"	47.6
12	3/8"	43.7
13	No. 4"	34.3
14	No. 8"	
15	No. 10"	27.1
16	No. 16"	
17	No. 30"	
18	No. 40"	14.8
19	No. 50"	
20	No. 100"	
21	No. 200"	7.4
22	Límite líquido	26.87
23	Índice de Plasticidad	7.46
24	Densidad en lb/pie ³	129.7
25	Humedad óptima (%)	9.1
26	C.B.R. saturado al 95%	43.8
27	C.B.R. saturado al 100%	52.4
28	Expansión	0.0

Como se muestra en la tabla 23, el diseñador realizó pruebas de laboratorio al material del río Chamelecón en el sector La Jigua. La clasificación de este material

según la norma AASTHO T 145-0, es A-2-4 (0), con una densidad de 129.7 lbs/pie³ y una humedad óptima de 9.1%. En cuanto a la capacidad de soporte se obtuvo un CBR saturado al 95% de 43.8% mientras que el CBR al 100% es de 52.4%. Al analizar todos estos resultados se puede decir, que este es un buen material para ser utilizado como sub base en el proyecto, o también existe la posibilidad de al menos combinarlo con algún material de banco cercano al proyecto para obtener una sub base adecuada.

Debido a que uno de los objetivos específicos del presente trabajo de investigación es identificar si los materiales a utilizados en las estructuras de pavimento, a continuación se presentan los resultados de laboratorio de la sub base estabilizada con cal al 3% adicionando 5 cm de arena:

- 1) Límite líquido 32.32
- 2) Índice de plasticidad 7.46
- 3) Densidad 126.5 lb/pie³
- 4) Humedad óptima 10.7%
- 5) CBR saturado al 95%: 40.4%
- 6) CBR saturado al 100%: 51.6%

En los resultados obtenidos se puede observar que el CBR es mayor que el 40%, el índice de plasticidad es cercano a 6 y el límite líquido es cercano a 30, por lo que se puede decir que la sub base mejorada con 3% de cal y 5 cm centímetros de arena es razonablemente aceptable.

4.1.2.4 AGREGADOS (ARENA Y GRAVA)

Como parte de la investigación se pretende investigar la calidad de los agregados utilizados para la elaboración del concreto hidráulico son adecuados, es por eso que a continuación se presentan las propiedades de la arena y la grava. Cabe mencionar que los agregados son del río Chamelecón, sector La Jigua, departamento de Copán.

Tabla 24 Propiedades de la grava y arena

DESCRIPCIÓN	GRAVA	ARENA
3 ½"		
3"		
2 ½"		
2"		
1 ½"		
1"	100	
¾"	87	100
½"	33.1	98.6
3/8"	10.4	90.2
No. 4	1.9	72.6
No. 8		57.1
No. 10		
No. 16		40.7
No. 30		21.1
No. 40		
No. 50		7.9
No. 100		2.2
No. 200		0.8
Módulo de finura		4.10
Peso específico	2.55	
Absorción (%)	2.63	
Peso lb/pie ³	92.0	

La tabla anterior muestra las propiedades de la grava y la arena utilizada en la elaboración del concreto hidráulico para las losas del pavimento, en cuanto a la grava se puede decir que el material que pasa el tamiz de ¾" y 3/8" están por debajo del rango requerido pero la cantidad que pasa por el tamiz # 4 y #8 están dentro del rango, por lo que se puede decir que la grava requiere más partículas de 3/8" de dimensión.

En cuanto a la arena se puede decir, que en general se necesitan partículas de mayor tamaño pues todos los porcentajes de pase están por debajo del rango,

solamente el porcentaje que pasa las mallas #50 y #200, están en el rango aceptable, así mismo es módulo de finura sobre pasa el rango requerido.

4.1.3 COSTOS INICIALES DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos iniciales de construcción determinan la dimensión de la inversión que se desea realizar, es por eso que cuantificar los costos iniciales de construcción forman parte importante para poder tomar una decisión correcta.

4.1.3.1 COSTOS INICIALES DE CONSTRUCCIÓN

Para poder realizar la comparación de los costos iniciales de construcción se hará uso de los presupuestos elaborados por el diseñador.

ALTERNATIVA 1

La tabla 25 corresponde al presupuesto de la pavimentación de 3.8 kilómetros de carretera con una estructura de pavimento asfáltico, que consiste en una carpeta de concreto asfáltico de 3"=8 cm de espesor, sub base de 15 centímetros de espesor, base de 15 cm de espesor.

Tabla 25 Presupuesto Alternativa 1

No.	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	CANTIDAD	TOTAL
1	Limpieza del derecho de vía, cunetas y alcantarillas	km.	4,478.95	3.80	17,020.01
2	Excavación común o no clasificada	m ³	113.40	19,200.00	2,177,280.00
3	Excavación con material de préstamo	m ³	90.41	6,500.00	587,665.00
4	Sobre acarreo	m ³ - km	21.43	8,200.00	175,726.00
5	Suministro e instalación de TCR 24"	m	3,986.24	98.00	390,651.52
6	Suministro e instalación de TCR 30"	m	5,789.46	210.00	1,215,786.60
7	Suministro e instalación de TCR 36"	m	6,672.68	20.00	133,453.60
8	Estructuras de mampostería	m ³	3,480.81	518.00	1,803,059.58
9	Revestimiento en canales y cunetas concreto clase "A"	m ²	310.83	3,220.00	1,000,872.60
10	Gaviones	m ³	2,002.85	200.00	400,570.00
11	Excavación estructural	m ³	89.34	100.00	8,934.00
12	Acero de refuerzo	Kg	59.66	5,000.00	298,300.00
13	Estructuras concreto clase "A"	m ³	3,930.13	75.00	294,759.75
14	Bordillos	m	227.79	800.00	182,232.00
15	Sub base	m ³	450.22	5,660.00	2,548,245.20
16	Base triturada	m ³	1,060.07	5,100.00	5,406,357.00
17	Imprimación	m ²	79.50	37,000.00	2,941,500.00
18	Carpeta asfáltica de 8 cm	m ²	532.32	30,200.00	16,076,064.00
19	Cercado derecho de vía	m	144.70	7,640.00	1,105,508.00
20	Administración Delegada	Global	1.00	1305,130.04	1,305,139.04
21	Cláusula Escalatoria	Global	1.00	2055,593.99	2,055,593.99
TOTAL (L.)					40,124,717.89

Como se puede observar en la tabla anterior realizar la pavimentación con concreto asfáltico requiere una inversión de 40.12 millones de Lempiras, lo que significa un costo de aproximadamente 10.56 millones de Lempiras por kilómetro.

ALTERNATIVA 2

La tabla 26 corresponde al presupuesto de la pavimentación de 3.8 kilómetros de carretera con una estructura de pavimento hidráulico, que consiste en una losa de concreto hidráulico con un módulo de ruptura de 600 psi de 20 cm de espesor, sub base estabilizada con cal al 3% de 20 centímetros de espesor, mejoramiento de la sub rasante en un espesor de 20 cm agregando cinco centímetros de arena.

Tabla 26 Presupuesto Alternativa 2

No.	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	CANTIDAD	TOTAL
1	Limpieza del derecho de vía, cunetas y alcantarillas	km.	4,478.95	3.80	17,020.01
2	Excavación común o no clasificada	m ³	113.40	19,200.00	2,177,280.00
3	Sub base	m ³	450.22	5,660.00	2,548,245.20
4	Suministro e Instalación TCR 24"	m	3,986.24	98.00	390,651.52
5	Suministro e Instalación TCR 30"	m	5,789.46	210.00	1,215,786.60
6	Suministro e Instalación TCR 36"	m	6,672.68	20.00	133,453.60
7	Estructura de mampostería	m ³	3,480.81	518.00	1,803,059.58
8	Estructuras de concreto clase "A"	m ³	3,930.13	94.30	370,611.26
9	Sobre acarreo	m ³ - km	21.43	43,848.24	939,667.78
10	Excavación con material de préstamo	m ³	90.41	6,500.00	587,665.00
11	Gaviones	m ³	2,002.85	200.00	400,570.00
12	Acero de refuerzo	Kg	59.66	8,224.75	490,688.59
13	Bordillos	m	227.29	800.00	181,832.00
14	Revestimiento en canales y cunetas concreto clase "A"	m ²	310.83	3,220.00	1,000,872.60
15	Concreto hidráulico MR 600 psi (incluye pines)	m ³	5,804.00	5,016.00	29,112,864.00
16	Homogenización y estabilización con cal al 3% en volumen	m ³	218.31	3,979.00	868,655.49
17	Conformación y estabilización de espaldón con cemento al 3% en volumen	m ³	416.13	465.00	193,500.45
18	Corte relleno y compactado de sub rasante	m ³	199.43	29,156.58	5,814,696.75
19	Suministro y siembra de zacate vetiver	m ²	120.71	1,776.00	214,380.96
20	Homogenización y estabilización con 5cm de arena	m ³	176.66	6,352.67	1,122,262.68
21	Administración Delegada	Global	1.00	1822,106.03	1,974,675.50
22	Cláusula Escalatoria	Global	1.00	2955,000.00	3,110,113.92
TOTAL (L.)					54,668,553.49

Como se puede observar en la tabla anterior realizar la pavimentación con concreto hidráulico requiere una inversión de 54.67 millones de Lempiras, lo que significa un costo de aproximadamente 14.39 millones de Lempiras por kilómetro.

De acuerdo a los costos iniciales que se muestran en las tablas 25 y 26 los costos iniciales de construcción para la pavimentación con una carpeta de concreto asfáltico de 3 cm a 40.12 millones de Lempiras y para la pavimentación con concreto hidráulico asciende a 54.67 millones de Lempiras, lo que significa una diferencia de 14.55

millones de Lempiras. Por lo que se puede decir, que realizar la inversión en una pavimentación con una carpeta de concreto asfáltico de 3 cm es la alternativa más barata en cuanto a costos iniciales de construcción.

4.1.3.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los costos de mantenimiento se determinaron de acuerdo a las entrevistas realizadas a diseñadores de pavimentos, quienes concuerdan en los siguientes criterios:

Para pavimento hidráulico: se deben considerar los costos de mantenimiento, prácticamente cero para una vida útil de 20 años, con las siguientes actividades de mantenimiento a los 20 años:

- 1) Sellado de juntas 50% del total
- 2) Limpieza de cunetas 50% del total
- 3) Sustitución de losa un 5% del área total

Las cantidades de obra de acuerdo a las condiciones anteriores serían:

- 1) Sellado de juntas: $50\% \times 41,800 \text{ m} = 20,900 \text{ m}$
- 2) Limpieza de cunetas: $50\% \times 3800 \times 2 = 3,800 \text{ m}$
- 3) Sustitución de losa: $5\% \times 3800 \times 6 = 1,140 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ m} \times 1.10 = 250.80 \text{ m}^3$

Debido a que estas actividades se realizarán dentro de 20 años, se utilizó una tasa de inflación de 7% de acuerdo a los datos encontrados en el Banco Central de Honduras, los resultados se muestran en la tabla 27.

Tabla 27 Costos de mantenimiento, año 2034

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO 2034 (L.)	TOTAL (L.)
Sellado de juntas	m	20,900.00	1,167.68	24,404,512.00
Limpieza de cunetas	m	3,800.00	773.94	2,940,972.00
Sustitución de losas	m ³	250.80	9,677.31	2,427,069.35
TOTAL (L.)				29,772,553.35

Así mismo en la tabla que se muestra a continuación, se pueden observar los costos de mantenimiento necesario durante la vida útil del pavimento:

Tabla 28 Costos de mantenimiento pavimento hidráulico

ACTIVIDAD	AÑO 5	AÑO 10	AÑO 15	AÑO 20
Sellado de juntas	0.00	0.00	0.00	24,404,512.00
Limpieza de cunetas	0.00	0.00	0.00	2,940,972.00
Sustitución de losas	0.00	0.00	0.00	2,427,069.35
TOTAL	0.00	0.00	0.00	29,772,553.35

Para poder concluir con el análisis de los costos de mantenimiento, se hizo uso de la técnica de valor presente neto, la cual consiste en conocer el valor de inversión en una fecha determinada, a continuación se muestra en cálculo realizado:

$$VP = 29,772,553.35 \left[\frac{1}{1.07^{20}} + \frac{1}{1.07^{40}} + \frac{1}{1.07^{60}} \right] + 54,668,553.49 = 64,384,768.01$$

Es así que el valor presente neto para la alternativa de pavimentación con concreto hidráulico asciende a L. 64,384,768.01.

Para pavimento flexible: se debe considerar una vida útil de 20 años, con las siguientes actividades de mantenimiento:

- 1) A los 5 años bacheo en un 10% del área.

- 2) A los 10 años bacheo en un 20% del área y la aplicación de un sello superficial.
- 3) A los 15 años, bacheo en un 25 – 30% del área y la colocación de una carpeta de 3 cm de espesor mínimo.

Las cantidades de obra de acuerdo a las condiciones anteriores serían:

- 1) A los 5 años bacheo en un 10% del área= $10\% \times 3800 \times 6 = 2280 \text{ m}^2$ de bacheo
- 2) A los 10 años bacheo en un 20% del área y la aplicación de un sello superficial= $20\% \times 3800 \times 6 = 4560 \text{ m}^2$ de bacheo y 4560 m^2 de aplicación de sello superficial.
- 3) A los 15 años, bacheo en un 25 – 30% del área y la colocación de una carpeta de 3 cm de espesor mínimo= $30\% \times 3800 \times 6 = 6840 \text{ m}^2$ de bacheo y 6840 m^2 de colocación de una carpeta asfáltica de 3 cm de espesor.

Debido a que estas actividades se realizarán a los 5, 10 y 15 años, se utilizó una tasa de inflación de 7% de acuerdo a los datos encontrados en el Banco Central de Honduras, los resultados se muestran en la tabla 27.

Tabla 29 Costos de mantenimiento, año 5, 10 y 15

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (L.)	TOTAL (L.)
Bacheo asfáltico a los 5 años	m ²	2,280.00	1,124.02	2,562,765.60
Bacheo asfáltico a los 10 años	m ²	4,560.00	1,576.49	7,188,794.40
Sello asfáltico a los 10 años	m ²	4,560.00	352.71	1,608,357.60
Bacheo asfáltico a los 15 años	m ²	6,840.00	2,211.12	15,124,060.80
Carpeta asfáltica 3 cm a los 15 años	m ²	6,840.00	1,468.69	10,045,839.60

Así mismo en la tabla que se muestra a continuación, se pueden observar los costos de mantenimiento necesario durante la vida útil del pavimento:

Tabla 30 Costos de mantenimiento pavimento asfáltico

ACTIVIDAD	AÑO 5	AÑO 10	AÑO 15
Bacheo asfáltico	2,562,765.60	7188,794.40	15,124,060.80
Sello asfáltico	0.00	1608,357.60	0.00
Carpeta asfáltica	0.00	0.00	10,045,839.60
TOTAL	2,562,765.60	8797,152.00	25,169,900.40

Para poder concluir con el análisis de los costos de mantenimiento, se hizo uso de la técnica de valor presente neto, la cual consiste en conocer el valor de inversión en una fecha determinada, a continuación se muestra en cálculo realizado:

$$VP = 36,529,818.00 \left[\frac{1}{1.07^{15}} + \frac{1}{1.07^{30}} + \frac{1}{1.07^{45}} + \frac{1}{1.07^{60}} \right] + 40,124,717.89$$

$$VP = 60,533,340.72$$

Es así que el valor presente neto para la alternativa de pavimentación con concreto asfáltico asciende a L. 60,533,340.72.

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, se puede decir que la mejor alternativa de pavimentación es la colocación de la carpeta asfáltica de 3 cm de espesor en el tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán.

4.1.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA

A continuación se presenta la tabla 31, en la que se puede observar como las variables de investigación influyeron en la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, así mismo se muestra la hipótesis nula.

Ho: La pavimentación con concreto asfáltico, de acuerdo a la cantidad de vehículos, características de los materiales, costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento, no es la mejor alternativa de pavimentación para el tramo carretera CA-4-Trinidad.

Tabla 31 Comprobación de la hipótesis nula

VARIABLE	RESULTADO	ALTERNATIVA DE PAVIMENTACIÓN
Cantidad de vehículos	La alternativa de tanto de concreto asfáltico como hidráulico soportan la cantidad de vehículos que circulan por el tramo carretero. Sin embargo, por el análisis realizado se puede decir que es mejor realizar la losa de concreto hidráulico	Concreto hidráulico
Características de los materiales	De acuerdo al análisis realizado, se puede decir que los materiales en la zona son adecuados para ambas alternativas. Sin embargo, se puede decir que es mejor el concreto asfáltico.	Concreto asfáltico
Costos iniciales de construcción	Los costos iniciales de construcción para la pavimentación con una carpeta de 3 cm de espesor asciende a 40.12 millones de Lempiras y para la pavimentación con concreto hidráulico asciende a 44.57 millones de Lempiras.	Concreto asfáltico
Costos de mantenimiento	Los costos de mantenimiento para la pavimentación con una carpeta de 3 cm de espesor asciende a 60.53 millones de Lempiras y para la pavimentación con concreto hidráulico asciende a 64.38 millones de Lempiras.	Concreto asfáltico

De acuerdo a la tabla mostrada anteriormente, se puede decir que se rechaza la hipótesis nula, por lo que la mejor alternativa de pavimentación es una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones, la cuales responden las preguntas de investigación planteadas en el capítulo I de la presente tesis. Debido a que el objetivo principal de éste trabajo, es elegir la alternativa de pavimentación más adecuada de acuerdo a la cantidad de vehículos, características de los materiales, costos iniciales de construcción y mantenimiento, las conclusiones y recomendaciones giran en torno a éstos aspectos para tomar una decisión acerca de la mejor alternativa de pavimentación.

5.1 CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo a la cantidad de vehículos, y el análisis realizado, se puede decir que el diseño con que contaba el Fondo Vial no es el adecuado. Ya que como se puede observar en la revisión de la losa de concreto hidráulico, se debe utilizar una losa de 20 cm y no de 12.5 cm, y en cuanto a el doble tratamiento superficial se puede decir que no es suficiente para soportar la cantidad de vehículos y que se necesita colocar una carpeta de 8 cm.
- 2) En cuanto a las características de los materiales a ser utilizados en la estructura de pavimento, se puede decir, que los materiales existentes en la zona para la sub rasante no son los adecuados ya que la capacidad de soporte CBR es menor que 10%. En cuanto a los materiales a ser utilizados en la base y sub base se puede decir que si son adecuados pues cumplen con los requerimientos exigidos. Así mismo los agregados (grava y arena) para la fabricación del concreto son razonablemente aceptables, pues cumplen con los requerimientos exigidos.
- 3) Como se puede observar en las tablas 25 y 26 los costos iniciales de construcción para la pavimentación con una carpeta de 8 cm de espesor asciende a 40.12 millones de Lempiras y para la pavimentación con concreto hidráulico asciende a 54.67 millones de Lempiras, lo que significa una diferencia de 14.55 millones de

Lempiras. Por lo que se puede decir, que realizar la inversión en una pavimentación con una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor, es la alternativa más barata en cuanto a costos iniciales de construcción.

- 4) De acuerdo a la tabla 31, se puede decir que se rechaza la hipótesis nula, por lo que la mejor alternativa de pavimentación es una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda colocar una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor ya que posee la capacidad de soportar la cantidad de vehículos que circulan por el tramo. Sin embargo, cabe mencionar que si se coloca una losa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor tendrá mayor capacidad para soportar la cantidad de vehículos, ya que al realizar el análisis de esta variable, se aumentó el número de ejes simples equivalentes para poder obtener un espesor de 20 cm.
- 2) Debido a que los materiales existentes en la zona cumplen con las características adecuadas para ambas alternativas de pavimentación, se recomienda colocar un pavimento de concreto asfáltico de 3 cm de espesor, una base de 15 cm, una sub base de 15 cm y ya que el material de la sub rasante no es adecuado, se recomienda estabilizarlo con 3% de cal y 5 cm de arena.
- 3) Se recomienda construir una carpeta de concreto asfáltico de 3 cm de espesor, ya que en cuanto a costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento resulta ser la alternativa que requiere una menor inversión, así mismo, cabe recordar que nuestro país tiene serios problemas en cuanto a inversión de proyectos por lo que invertir en esta alternativa, significaría poder invertir capital en otros proyectos, que tanto se necesitan.

CAPITULO VI. APLICABILIDAD

En el capítulo anterior se dio solución al problema y a la hipótesis de la investigación. Se plantearon las conclusiones de acuerdo a las variables y se realizaron las recomendaciones para la implementación del proyecto, según los resultados obtenidos. En el presente capítulo se presenta la mejor alternativa de pavimentación para el tramo carretero CA-4-Trinidad de Copán.

A continuación se muestra la tabla 32, en la que se muestra el hilo conductor de la tesis y que ha servido para fundamentar la aplicabilidad que responde al problema planteado en el capítulo uno del presente trabajo.

Tabla 32 Verificación de la concordancia del documento con el plan de acción

Título	Objetivo		Conclusión	Recomendación	Plan de Acción
	General	Específico			
Evaluación técnica de la pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad, 2014	Evaluar de acuerdo al tráfico promedio diario, características de los materiales, mantenimiento y costos iniciales de construcción la pavimentación de concreto asfáltico versus concreto hidráulico para la carretera CA-4-Trinidad de Copán.	Identificar la mejor alternativa de pavimentación, considerando la cantidad de vehículos que circula por el tramo.	De acuerdo a la cantidad de vehículos, y el análisis realizado, se puede decir que el diseño con que contaba el Fondo Vial no es el adecuado. Ya que como se puede observar en la revisión de la losa de concreto hidráulico, se debe utilizar una losa de 20 cm y no de 12.5 cm, y en cuanto a el doble tratamiento superficial se puede decir que no es suficiente para soportar la cantidad de vehículos y que se necesita	Se recomienda colocar una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor ya que posee la capacidad de soportar la cantidad de vehículos que circulan por el tramo. Sin embargo, cabe mencionar que si se coloca una losa de concreto hidráulico de 20 cm de espesor tendrá mayor capacidad para soportar la cantidad de vehículos, ya que al realizar el análisis de esta variable, se aumentó el número de ejes simples	Colocar una carpeta asfáltica de 8 cm

Título	Objetivo		Conclusión	Recomendación	Plan de Acción
	General	Específico			
			colocar una carpeta de 8 cm.	equivalentes para poder obtener un espesor de 20 cm.	
		Identificar las características de los materiales a utilizar en la estructura de pavimento (sub rasante, base y sub base) de ambas alternativas.	En cuanto a las características de los materiales a ser utilizados en la estructura de pavimento, se puede decir, que los materiales existentes en la zona para la sub rasante no son los adecuados ya que la capacidad de soporte CBR es menor que 10%. En cuanto a los materiales a ser utilizados en la base y sub base se puede decir que si son adecuados pues cumplen con los requerimientos exigidos. Así mismo los agregados (grava y arena) para la fabricación del concreto son razonablemente aceptables, pues cumplen con los requerimientos exigidos.	Debido a que los materiales existentes en la zona cumplen con las características adecuadas para ambas alternativas de pavimentación, se recomienda colocar un pavimento de concreto asfáltico de 8 cm de espesor, una base de 15 cm, una sub base de 15 cm y ya que el material de la sub rasante no es adecuado, se recomienda estabilizarlo con 3% de cal y 5 cm de arena.	Colocar un pavimento de concreto asfáltico de 8 cm de espesor, una base de 15 cm, una sub base de 15 cm y la sub rasante estabilizarla con 3% de cal y 5 cm de arena

Título	Objetivo		Conclusión	Recomendación	Plan de Acción
	General	Específico			
		Indicar los costos iniciales de construcción y mantenimiento, de pavimentar con concreto hidráulico y concreto asfáltico.	Como se puede observar en las tablas 26 y 27 los costos iniciales de construcción para la pavimentación con una carpeta de 3 cm de espesor asciende a 40.12 millones de Lempiras y para la pavimentación con concreto hidráulico asciende a 44.57 millones de Lempiras, lo que significa una diferencia de 14.55 millones de Lempiras. Por lo que se puede decir, que realizar la inversión en una pavimentación con una carpeta de concreto asfáltico de 3 cm de espesor, es la alternativa más barata en cuanto a costos iniciales de construcción.	Se recomienda construir una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor, ya que en cuanto a costos iniciales de construcción y costos de mantenimiento resulta ser la alternativa que requiere una menor inversión, así mismo, cabe recordar que nuestro país tiene serios problemas en cuanto a inversión de proyectos por lo que invertir en esta alternativa, significaría poder invertir capital en otros proyectos, que tanto se necesitan.	Construir una carpeta de concreto asfáltico de 8 cm de espesor

Título de la propuesta: Obras de mejoramiento y pavimentación del tramo carretero CA-4-Trinidad, longitud 3.8 kilómetros, departamento de Copán.

El proyecto deberá tener los siguientes requerimientos:

- 1) Ancho de la calzada: 6.00 metros
- 2) Capa de rodadura: 8 cm de carpeta asfáltica
- 3) Base: 15 cm
- 4) Sub base: 15 cm, mejorada con cal al 3%
- 5) Sub rasante: mejorada con cal al 3% y 5 cm de arena

A continuación se muestra el presupuesto de la propuesta mencionada anteriormente:

Tabla 33 Presupuesto de Construcción

No.	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	CANTIDAD	TOTAL
1	Limpieza del derecho de vía, cunetas y alcantarillas	km.	4,478.95	3.80	17,020.01
2	Excavación común o no clasificada	m ³	113.40	19,200.00	2,177,280.00
3	Excavación con material de préstamo	m ³	90.41	6,500.00	587,665.00
4	Sobre acarreo	m ³ - km	21.43	8,200.00	175,726.00
5	Suministro e instalación de TCR 24"	m	3,986.24	98.00	390,651.52
6	Suministro e instalación de TCR 30"	m	5,789.46	210.00	1,215,786.60
7	Suministro e instalación de TCR 36"	m	6,672.68	20.00	133,453.60
8	Estructuras de mampostería	m ³	3,480.81	518.00	1,803,059.58
9	Revestimiento en canales y cunetas concreto clase "A"	m ²	310.83	3,220.00	1,000,872.60
10	Gaviones	m ³	2,002.85	200.00	400,570.00
11	Excavación estructural	m ³	89.34	100.00	8,934.00
12	Acero de refuerzo	Kg	59.66	5,000.00	298,300.00
13	Estructuras concreto clase "A"	m ³	3,930.13	75.00	294,759.75
14	Bordillos	m	227.79	800.00	182,232.00
15	Sub base	m ³	450.22	5,660.00	2,548,245.20
16	Base triturada	m ³	1,060.07	5,100.00	5,406,357.00
17	Imprimación	m ²	79.50	37,000.00	2,941,500.00
18	Carpeta asfáltica de 3 cm	m ²	532.32	30,200.00	16,076,064.00
19	Cercado derecho de vía	m	144.70	7,640.00	1,105,508.00
20	Administración Delegada	Global	1.00	1305,130.04	1,305,139.04

No.	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	CANTIDAD	TOTAL
21	Cláusula Escalatoria	Global	1.00	2055,593.99	2,055,593.99
TOTAL (L.)					40,124,717.89

Así mismo, a continuación se muestra el programa de trabajo para realizar la pavimentación con una carpeta asfáltica de 3 cm de espesor.

Tabla 34 Programa tentativo de construcción

ACTIVIDADES	DÍAS												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Movilización	■												
Limpieza del derecho de vía		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Excavación común no clasificada		■	■	■	■								
Excavación en banco de préstamo		■	■	■	■								
Sobre acarreo		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Suministro e instalación de TCR 24"		■	■										
Suministro e instalación de TCR 30"			■	■									
Suministro e instalación de TCR 36"				■	■								
Estructuras de mampostería		■	■	■	■								
Revestimiento en canales y cunetas concreto clase "A"			■	■	■	■	■	■	■				
Gaviones				■	■	■	■	■	■	■			
Excavación estructural				■	■	■	■	■	■	■			
Acero de refuerzo				■	■	■	■	■	■	■			
Estructuras concreto clase "A"					■	■	■	■	■	■			
Bordillos													
Sub base					■	■	■	■	■	■	■	■	
Base triturada						■	■	■	■	■	■	■	■
Imprimación							■	■	■	■	■	■	■
Carpeta asfáltica de 8 centímetros								■	■	■	■	■	■
Cercado derecho de vía			■	■	■	■	■						

BIBLIOGRAFÍA

1993 AASHTO Flexible Pavement Structural Design | Pavement Interactive. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.pavementinteractive.org/article/1993-aashto-flexible-pavement-structural-design/>

1993 AASHTO Rigid Pavement Structural Design | Pavement Interactive. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.pavementinteractive.org/article/1993-aashto-rigid-pavement-structural-design/>

50 años de crecimiento demográfico hondureño. (s. f.). Recuperado a partir de <http://poblacionydesarrolloenhonduras.files.wordpress.com/2011/03/50-ac3b1os-de-r-demogrc3a1fico.pdf>

Alonso, M., Puertas, F., & Palacios, M. (2009). Aditivos para el hormigón: compatibilidad cemento-aditivos basados en policarboxilatos. Recuperado 11 de mayo de 2014, a partir de <http://site.ebrary.com/lib/bvunitecvirtualsp/docDetail.action?docID=10378183&p00=hormig%C3%B3n>

Análisis coste beneficio de un proyecto de inversión en infraestructura de carreteras. (s. f.). Recuperado a partir de <ftp://ftp.funep.es/InvEcon/paperArchive/May1999/v23i2a5.pdf>

asignacion_publica_de_recursos.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.fosdeh.com/archivos/documentos/areas/Macroeconomia_y_politicas_publicas/Finanzas_publicas/asignacion_publica_de_recursos.pdf

Blank, L., & Tarquin, A. (2000). INGENIERIA ECONOMICA. Recuperado 10 de mayo de 2014, a partir de <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/handle/123456789/13974>

Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras (2a. ed.)*. Colombia: Ecoe Ediciones. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10732598>

Carreteras - num145-2000Carreteras.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.dgt.es/revista/archivo/pdf/num145-2000Carreteras.pdf>

Centroamérica en cifras 1980-2005. (2005). Recuperado 10 de mayo de 2014, a partir de <http://site.ebrary.com/lib/bvunitecvirtualsp/docDetail.action?docID=10609736&p00=centroam%C3%A9rica%20cifras>

Colectivo de autores. (2011). Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones (2a. ed.). Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10479418>

Construcción y Tecnología en Concreto. (s. f.). Recuperado 7 de junio de 2014, a partir de <http://www.imcyc.com/revistacyt/sep11/arthistorico.html>

Fenández Aguilera, R. (2014). *Temas de ingeniería y gestión de tránsito*. Chile: RIL editores. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10862391>

Financiamiento para infraestructura - concreto.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://dictyg.fi-c.unam.mx/~disyp/lecturas/concreto.pdf>

Fondo Vial | Camino al Desarrollo. (2011). Recuperado 3 de mayo de 2014, a partir de <http://fondovial.gob.hn/index.html>

Fondo Vial decreto de Creacion Art 15.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.fondovial.gob.hn/transparencia/AtribucionesPorUnidadAdm/Fondo%20Vial%20decreto%20de%20Creacion%20Art%2015.pdf>

INFORME-FONDO-VIAL-II-TRI-2012.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.sefin.gob.hn/wp-content/uploads/2012/07/INFORME-FONDO-VIAL-II-TRI-2012.pdf>

Ingeniería de tráfico ~ CUEVA DEL INGENIERO CIVIL. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.cuevadelcivil.com/2010/03/ingenieria-de-trafico.html>

Ingeniería), P. U. C. de C. (Escuela de. (2000). *La Revista Ingeniería de Construcción*. Pontificia Universidad Católica de Chile (Escuela de Ingeniería).

IV. Estudio de Trafico Condorcanqui - IV. Estudio de Trafico Condorcanqui.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <https://www.unops.org/ApplyBO/File.aspx/IV.%20%20Estudio%20de%20Trafico%20Condorcanqui.pdf?AttachmentID=9c5a46b3-eef7-4466-9174-e1c544f3a9ab>

La producción de asfalto en España cierra el 2013 en mínimos históricos. (s. f.). *Interempresas*. Recuperado 17 de mayo de 2014, a partir de <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/118436-La-produccion-de-asfalto-en-Espana-cierra-el-2013-en-minimos-historicos.html>

La vías de la comunicación en la economía.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.canacem.org.mx/presentacion2.pdf>

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.camineros.com/docs/cam060.pdf>

Manual de Carreteras de Honduras Vol 3. (1996). Recuperado 11 de mayo de 2014, a partir de <http://es.scribd.com/doc/23865709/Manual-de-Carreteras-de-Honduras>

Manual de carreteras de Paraguay. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.mopc.gov.py/mopcweb/pdf/1278/informe4_2.pdf

Manual de Carreteras Vol 4. (1996). *Scribd*. Recuperado 10 de mayo de 2014, a partir de <http://es.scribd.com/doc/183249327/Manual-de-Carreteras-Vol-4>

Martínez de Eulate, J. (2008, agosto 4). Carreteras de hormigón. *Cinco Días*. Recuperado 17 de mayo de 2014, a partir de http://cincodias.com/cincodias/2008/08/04/economia/1217962548_850215.html

Moll Martínez, R. (2010). *Bases del procedimiento para determinar la resistencia del conjunto subbase-subrasante, para el cálculo de los espesores de reciclado con asfalto espumado; a partir de la evaluación de la estructura existente, con el Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC)*. Cuba: D - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10608815>

Ortiz Berrocal, L. (2007). *Resistencia de materiales (3a. ed.)*. España: McGraw-Hill España. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/bvunitecvirtualsp/docDetail.action?docID=10498579>

Panorámica actual de los pavimentos de hormigón en los Estados Unidos; Present-day panorama of concrete pavements in the United States - 2965. (s. f.). Recuperado a partir de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2653/2965>

Pérez I., R. A. (2002). Influencia de los betunes en las deformaciones plásticas de las mezclas bituminosas. Recuperado 10 de mayo de 2014, a partir de

<http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Influencia+de+los+betunes+en+las+deformaciones+pl%C3%A1sticas+de++las+mezclas+bituminosas&btnG=&lr=>

Pérez Reyes, R. (2009). *Estudio de soluciones para pavimentación de canchas de acopio para industrias forestales*. Chile: D - Universidad del Bío Bío. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10280789>

REGLAMENTO DE FONDO VIAL.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <http://fondovial.gob.hn/transparencia/Reglamentos/REGLAMENTO%20DE%20FONDO%20VIAL.pdf>

Reyes-Ortiz, O. J., & Camacho-Tauta, J. (2008). Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas. (Spanish). *Ingeniería y Desarrollo*, (23), 26-42.

Rodríguez, E. (2014, enero 22). Las redes de carreteras más grandes del mundo | Fieras de la Ingeniería. Recuperado 11 de mayo de 2014, a partir de <http://www.fierasde laingenieria.com/las-redes-de-carreteras-mas-grandes-del-mundo/>

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2009). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/bvunitecvirtualsp/docDetail.action?docID=10345101>

Sabaini, J. C. G. (2007). *Honduras: el papel de los municipios en el combate a la pobreza*. United Nations Publications.

Samuel Mora Q. (s. f.). Pavimentos de Concreto Hidráulico. Recuperado 10 de mayo de 2014, a partir de

ANEXO 1

Formulario de conteo de tráfico

Nombre del tramo:







Longitud (Km):

Estación Censal:

Código SOPTRAVI:

Tipo de Carretera:

Fecha:

Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 – 10:00 a.m.	10:00 – 11:00 a.m.	11:00 a.m. – 12:00 m.	Total
 Turismos							
 Pick Ups y Utilitarios							
 Buses							
 Camiones 2 ejes							
 Camiones 3 ejes							
 Moto taxi							
Total							

Horas	11:00 m – 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos							
 Pick Ups y Utilitarios							
 Buses							
 Camiones 2 ejes							
 Camiones 3 ejes							
 Moto taxi							
Total							

ANEXO 2

Guía de la entrevista







- 1) ¿Cuáles son las variables de diseño más representativas para el diseño de estructuras de pavimento?
- 2) ¿Cuáles son las especificaciones que se deben utilizar para conocer las características adecuadas de los materiales a ser utilizados en la estructura de pavimento?
- 3) ¿Qué tasa de crecimiento recomendaría para el cálculo de la proyección de vehículos?
- 4) ¿Cuáles son las actividades de construcción que intervienen en el mantenimiento de pavimentos flexibles?
- 5) ¿Cuáles son las actividades de construcción que intervienen en el mantenimiento de pavimentos rígidos?



ANEXO 3

Conteo de tráfico, sentido 1 (De Trinidad de Copán hacia Estación 0+000)

Nombre del tramo: Acceso a Trinidad de Copán
 Longitud (Km): 3+800
 Estación Censal: 3+020

Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección al 2014 (día 1)







Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	11:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	1	1	0	1	0	0	3
 Pick Ups y Utilitarios	9	7	13	13	9	11	61
 Buses	0	0	1	1	0	0	2
 Camiones 2 ejes	1	2	1	1	3	1	10
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	1	0	1
 Moto taxi	3	2	4	5	2	5	22
Total	14	13	19	21	15	17	100

Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	0	0	1	0	0	0	1
 Pick Ups y Utilitarios	12	19	12	9	11	4	66
 Buses	1	0	0	1	0	0	2
 Camiones 2 ejes	1	4	2	2	2	1	13
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	0	0	0
 Moto taxi	3	5	2	2	5	3	21
Total	17	29	17	14	18	9	104

Nombre del tramo: CA4 Trinidad
 Longitud (Kms): 3+800
 Estación Censal: 3+020


Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección al 2014 (día 2)






Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	1:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	1	0	3	0	2	1	7
 Pick Ups y Utilitarios	6	13	9	12	4	10	54
 Buses	0	0	1	1	0	0	2
 Camiones 2 ejes	2	1	1	1	1	3	10
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	1	0	1
 Moto taxi	2	2	5	2	2	6	19
Total	12	16	19	16	11	20	94

Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	0	1	1	0	2	1	5
 Pick Ups y Utilitarios	6	7	7	7	7	2	39
 Buses	1	1	0	0	0	0	2
 Camiones 2 ejes	0	3	1	1	0	0	5
 Camiones 3 ejes	0	0	1	0	0	0	1
 Moto taxi	1	3	3	1	1	3	13
Total	9	16	14	10	11	6	65

Nombre del tramo: CA4 Trinidad
 Longitud (Km): 3+800
 Estación Censal: 3+020

Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección 2014, día 3

Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	1:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	0	0	3	0	0	0	3
 Pick Ups y Utilitarios	5	11	13	12	15	13	69
 Buses	0	1	1	3	0	0	5
 Camiones 2 ejes	6	0	3	0	2	3	15
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	0	0	0
 Moto taxi	6	6	4	5	5	2	30
Total	18	18	25	20	22	18	122



Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	0	2	1	2	0	1	5
 Pick Ups y Utilitarios	10	11	10	6	5	5	47
 Buses	1	1	1	0	0	0	3
 Camiones 2 ejes	3	1	4	2	7	2	19
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	1	0	1
 Moto taxi	2	6	2	4	8	1	23
Total	16	21	18	14	21	9	99

Conteo de tráfico, sentido 2 (De Estación 0+000 hacia Trinidad de Copán)

Nombre del tramo: Acceso a Trinidad de Copán
 Longitud (Km): 3+800
 Estación Censal: 3+020

Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección al 2014 (día 1)

Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	1:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	1	1	3	2	2	1	11
 Pick Ups y Utilitarios	2	4	13	6	3	3	32
 Buses	0	0	0	0	0	1	1
 Camiones 2 ejes	2	0	4	2	2	1	12
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	1	0	1
 Moto taxi	1	3	4	4	3	2	18
Total	6	9	25	15	12	9	75

Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	1	4	2	1	3	3	15
 Pick Ups y Utilitarios	5	6	5	3	6	11	37
 Buses	0	1	0	0	0	1	2
 Camiones 2 ejes	0	2	0	0	1	0	3
 Camiones 3 ejes	0	1	0	0	0	0	1
 Moto taxi	3	3	5	3	5	7	29
Total	10	19	13	7	16	22	88

Nombre del tramo: CA4 Trinidad
 Longitud (Kms): 3+800
 Estación Censal: 3+020

Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección al 2014 (día 2)






Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	1:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	0	2	0	1	1	1	5
 Pick Ups y Utilitarios	3	7	11	7	4	3	35
 Buses	0	0	0	0	0	1	1
 Camiones 2 ejes	3	0	3	1	1	1	9
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	1	0	1
 Moto taxi	2	4	3	3	3	2	17
Total	8	13	17	12	10	8	68

Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	0	3	1	1	2	2	9
 Pick Ups y Utilitarios	4	7	6	6	5	9	37
 Buses	0	0	1	0	1	0	2
 Camiones 2 ejes	0	1	0	0	2	1	4
 Camiones 3 ejes	0	1	0	0	0	0	1
 Moto taxi	1	3	4	3	4	5	20
Total	5	16	12	10	14	17	74

Nombre del tramo: CA4 Trinidad
 Longitud (Km): 3+800
 Estación Censal: 3+020

Código SOPTRAVI:
 Tipo de Carretera: Vecinal
 Fecha: Proyección 2014, día 3

Horas	6:00 - 7:00 a.m.	7:00 - 8:00 a.m.	8:00 - 9:00 a.m.	9:00 - 10:00 a.m.	10:00 - 11:00 a.m.	1:00 a.m. - 12:00 m	Total
 Turismos	2	0	1	0	1	1	5
 Pick Ups y Utilitarios	5	3	9	5	6	4	33
 Buses	2	0	0	0	0	1	3
 Camiones 2 ejes	1	3	5	2	0	0	12
 Camiones 3 ejes	0	0	0	0	0	0	0
 Moto taxi	5	5	4	2	5	5	28
Total	16	12	19	10	13	12	81

Horas	12:00 m - 1:00 p.m.	1:00 - 2:00 p.m.	2:00 - 3:00 p.m.	3:00 - 4:00 p.m.	4:00 - 5:00 p.m.	5:00 - 6:00 p.m.	Total
 Turismos	0	3	1	1	2	2	10
 Pick Ups y Utilitarios	4	7	6	6	5	10	40
 Buses	0	0	1	0	1	0	2
 Camiones 2 ejes	0	1	0	0	2	1	4
 Camiones 3 ejes	0	1	0	0	0	0	1
 Moto taxi	1	3	4	3	4	5	21
Total	5	16	13	11	15	18	78