



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO  
FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS**

**Wagner Augusto Mejía Bustamante**

Asesorado por el Ing. Marco Vinicio Romero Chojolán

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WAGNER AUGUSTO MEJÍA BUSTAMANTE**  
ASESORADO POR EL ING. MARCO VINICIO ROMERO CHOJOLÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 16 de febrero del 2009 y revalidado el 20 de noviembre del 2014.

  
**Wagner Augusto Mejía Bustamante**

Guatemala, abril 2015

Ingeniero  
Mario Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

**Ingeniero Arriola**

Luego de un breve saludo, sírvame la presente para informarle que el trabajo de graduación **“EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO DE OBRAS DE PROTECCION EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANA-TECTITAN SAN MARCOS”**, elaborado por el estudiante universitario Wagner Augusto Mejía Bustamante, ha sido finalizado a satisfacción y revisado por mi persona, por lo tanto presento a su persona el trabajo de graduación para su revisión y aprobación respectiva.

Atentamente,

Ing. Marco Vinicio Romero  
Col. 6218



---

**Ingeniero Marco Vinicio Romero Chojolan**  
**ASESOR**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
18 de mayo de 2015

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Wagner Augusto Mejía Bustamante, quien contó con la asesoría del Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Marco Vinicio Romero Chojolán y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes , Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Wagner Augusto Mejía Bustamante, titulado **EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2015

/bbdeb.

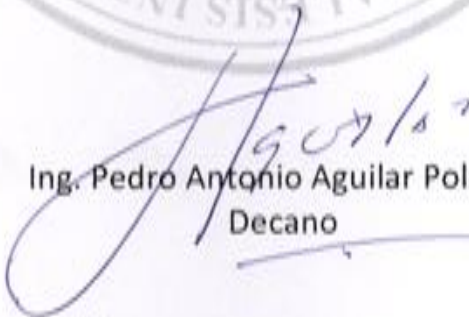
Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE OBRAS DE PROTECCIÓN EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, CASO RUTA NACIONAL 12, TRAMO TACANÁ-TECTITÁN SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Wagner Augusto Mejía Bustamante**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Milton Filander Corado y Alba Lidia Bustamante de Corado, por brindarme su apoyo y su amor sin condición.

### **Mis hijas**

Ashley Jeannette y Samantha Cecilia Mejía Barrios, por darme alegría, amor y fuerzas en mi vida.

### **Mis hermanos**

Jennifer Cecilia y Milton Filander Corado Bustamante, por su apoyo y consejos recibidos.

### **Mis tíos y familia**

Juan, César, Liseth, Irma y Araceli Bustamante, por creer en mi superación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la oportunidad de conocer la vida y poder vivirla y demostrarme que nada en ella es imposible.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme un espacio dentro de su alma máter.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por alojarme bajo su techo y brindarme sus instalaciones para forjarme como profesional.
<b>Ing. Marco Vinicio Romero Chojolán</b>	Por su colaboración, excelente asesoría y por considerarme un amigo más en la vida.
<b>Mis amigos</b>	Por su compañerismo, consejos, asesoría y amistad brindada.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del proyecto.....	1
1.3. Localización geográfica del proyecto .....	3
1.4. Características físicas del área a implementar las obras de protección a un pavimento.....	3
1.4.1. Clima.....	4
1.4.2. Precipitaciones.....	4
1.4.3. Geografía.....	5
1.4.4. Topografía.....	10
1.4.5. Estudios hidrológicos .....	11
2. ESTUDIO DE SUELOS .....	15
2.1. Suelos encontrados en el tramo.....	15
2.2. Bancos de materiales de préstamo utilizados.....	18
2.3. Datos específicos de los materiales utilizados.....	18

2.4.	Ensayos de laboratorio realizados .....	19
2.5.	Evaluación de resultados de pruebas de laboratorio.....	29
3.	OBRAS DE PROTECCIÓN PARA PAVIMENTO .....	31
3.1.	Obras de protección implementadas para aguas subterráneas ...	31
3.1.1.	Subdrenajes .....	31
3.1.1.1.	Diseño .....	31
3.1.1.2.	Definición.....	34
3.1.1.3.	Materiales.....	34
3.1.1.4.	Colocación.....	35
4.	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	39
4.1.	Indicadores económicos (definición) .....	39
4.1.1.	Beneficio/costo .....	39
4.1.2.	Análisis de razonabilidad.....	40
4.2.	Evaluación comparativa beneficio/costo.....	43
4.2.1.	Evaluación de zonas que no tienen sistema de protección.....	43
4.2.1.1.	Costo de construcción .....	44
4.2.1.2.	Costo de mantenimiento.....	45
4.2.1.3.	Nivel de daño y costo de reparación .....	52
4.2.1.4.	Duración .....	55
4.2.2.	Evaluación de zona nueva con sistema de protección.....	59
4.2.2.1.	Costo de construcción .....	60
4.2.2.2.	Costo de mantenimiento.....	61
4.2.2.3.	Nivel de daño.....	63
4.2.2.4.	Duración .....	63
4.3.	Análisis de razonabilidad .....	67

4.3.1.	Análisis de resultados .....	67
4.3.2.	Cuantitativos .....	67
4.3.3.	No cuantificante .....	68
CONCLUSIONES .....		69
RECOMENDACIONES .....		71
BIBLIOGRAFÍA.....		73
ANEXOS .....		75



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del proyecto.....	2
2.	Tramo Tacaná–Tectitán .....	3
3.	Confinamiento de aguas subterráneas.....	5
4.	Mapa de zonas de vida holdrige .....	9
5.	Mapa de ubicación (cuenca río Coatán).....	12
6.	Triángulo Textural .....	15
7.	Influencia de la energía de compactación .....	22
8.	Influencia del tipo de suelo.....	23
9.	Curva granulométrica.....	25
10.	Estados de consistencia de los suelos.....	28
11.	Tipos de subdrenajes utilizados en el tramo .....	36
12.	Nivel de daño tipo “B” .....	53
13.	Reparaciones en el tramo tipo “B” .....	54
14.	Diagrama de ingresos y egresos en el periodo de 10 años alternativa uno.....	56
15.	Diagrama de ingresos y egresos en el periodo de 10 años alternativa dos .....	64

### TABLAS

I.	Características del área .....	13
II.	Clasificación de los suelos y mezcla de suelo–agregado.....	16
III.	Suelos en el tramo .....	17
IV.	Resultados del material utilizado en subrasante .....	19

V.	Clasificación granulométrica .....	26
VI.	Valores típicos de consistencia en los suelos .....	29
VII.	Características mecánicas e hidráulicas del geotextil.....	38
VIII.	Mantenimiento de rutina anual.....	45
IX.	Primer conteo vehicular .....	46
X.	Segundo conteo vehicular .....	47
XI.	Resultados TPDA .....	48
XII.	Calculo de costo de operación vehicular (alternativa uno).....	50
XIII.	Costo de operación vehicular ( condición terracería).....	51
XIV.	Costo de reparaciones de fallas en el tramo (alternativa uno).....	55
XV.	Calculo VAN y B/C (alternativa uno).....	58
XVI.	Integración de costo de subdrenajes .....	60
XVII.	Calculo de costo de operación vehicular (alternativa dos).....	62
XVIII.	Calculo de VAN y B/C (alternativa dos) .....	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>q</b>	Carga admisible del suelo.
<b>C</b>	Coeficiente de fricción, coeficiente de capacidad hidráulica de tubería.
<b>D</b>	Diámetro.
<b>E</b>	Estación.
<b>Kg-m</b>	Kilogramos por metro.
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada.
<b>m</b>	Metro.
<b>m/s</b>	Metros por segundo.
<b>d</b>	Peralte efectivo de un elemento.
<b><math>\beta</math></b>	Peso específico del agua.
<b>P.U.</b>	Precio unitario.
<b>BM</b>	Punto de marca altimétrico del terreno.
<b>r</b>	Tasa de crecimiento.
<b>Ton</b>	Toneladas.



## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highways and Transportation Officials.
<b>Absorción</b>	Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas y otros).
<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>Agregado grueso</b>	Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes.
<b>Alcantarilla</b>	Elemento del sistema de drenaje superficial de una carretera construido en forma transversal al eje o siguiendo la orientación del curso de agua. Puede ser de metal corrugado o PVC reforzado.
<b>ASTM</b>	American Standard Test Methods.
<b>Bacheo</b>	Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

<b>Caja colectora</b>	Estructura que recoge las aguas de una cuneta para encauzar a una alcantarilla.
<b>Calicata</b>	Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.
<b>CBR (California Bearing Ratio)</b>	Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.
<b>Compactación</b>	Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento pórtland.
<b>Concreto asfáltico</b>	Mezcla asfáltica de pavimentación que resiste la desintegración de efectos ambientales o de tráfico. Los efectos ambientales incluyen cambios en las características del asfalto, tales como oxidación y volatilización y en el agregado debido a la acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo.
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos.
<b>Escorrentía</b>	Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

<b>Geotextil</b>	Material de construcción sintético u orgánico que existe en grandes variedades y tienen una amplia gama de aplicaciones en obras viales.
<b>Obras de drenaje</b>	Conjunto de obras que tienen por fin controlar y reducir el efecto nocivo de las aguas superficiales y subterráneas sobre la vía.
<b>Pavimento flexible</b>	Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.
<b>PVC</b>	Tubería de Cloruro de Polivinilo.
<b>Rasante</b>	Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.



## RESUMEN

Las aguas amenazan en general la vida útil de las obras civiles, principalmente la de las vías terrestres, afectándolas de diversas maneras, generando gastos extras en reparaciones y mantenimiento de las mismas.

Existen algunos métodos para reducir el impacto económico producido por las lluvias en una carretera, tales como los subdrenajes que tienden a controlar el flujo del agua en el talud, evitando que exista infiltración en la estructura del pavimento, restringiendo los cambios volumétricos del material y orientan favorablemente las corrientes de infiltración a las cajas receptoras.

Para ello se establece un modelo para evaluar el impacto económico en un pavimento flexible ubicado en el tramo Tacaná-Tectitán de la ruta nacional 12, San Marcos, aplicado a la implementación de subdrenajes, basándose en totales de cuantificación de los costos de construcción, reparación y mantenimiento rutinario de una carretera, usando para la obtención de resultados la relación beneficio-costos y análisis de razonabilidad, comparando el proyecto con obra de protección y proyecto sin obra de protección, considerando 10 años de su diseño geométrico, de esta manera se pueda tomar una decisión de invertir en este tipo de proyecto con la protección subdrenaje y así tener resultados satisfactorios para la durabilidad de una carretera.

Sin embargo, emplear subdrenajes genera un aumento en el costo de la obra, pero en el futuro los beneficios son considerables debido a que el

pavimento permanecerá en condiciones estables y la ruta estará disponible en cualquier momento, disminuyendo el costo por reparación a futuro.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Establecer un modelo para la evaluación del impacto económico de sistema de protección de pavimentos flexibles aplicado a subdrenajes, empleando la relación beneficio-costos y análisis de razonabilidad, tomando como referencia para su aplicación el tramo Tacaná–Tectitán, de la ruta nacional 12, San Marcos.

### **Específicos**

1. Elaborar de una propuesta que reduzca los riesgos de derrumbes y deslizamientos o cualquier daño que pueda provocarse en la estructura del pavimento, debido a la falta de sistema de protección y subdrenajes en el tramo Tacaná–Tectitán.
2. Identificar las obras necesarias para un sistema de protección.
3. Cuantificar costo de reparación y mantenimiento si no se consta con obra de protección.
4. Realizar un análisis de beneficio-costos y análisis de razonabilidad al contar con la obra de protección.
5. Determinar la importancia de los subdrenajes para dar durabilidad al pavimento en la ruta nacional 12, tramo Tacaná–Tectitán, San Marcos.



## INTRODUCCIÓN

Construir una carretera con obras de protección subdrenaje, en un pavimento flexible, evita incurrir en altos costos de mantenimiento, reparación y la consecuente interrupción de la flota vehicular de manera especial en la época de lluvia. Por ello se evaluaron efectos benéficos que producen las obras de protección para carreteras tomando, para el cálculo, el indicador económico beneficio-costo y como referencia la ruta nacional 12, tramo Tacaná-Tectitán, San Marcos.

En él se demuestra la implementación de estas obras necesarias por el tipo de humedad y afloramientos que existen en los taludes a lo largo del tramo, como también la comparación de zonas sin protección contra zonas nuevas con protección.

En términos generales, la implementación de un sistema de protección como los subdrenajes reduce el impacto económico que directamente beneficia a la construcción de la ruta nacional 12 tramo Tacaná–Tectitán, San Marcos y a la población que en determinado momento necesita de la ruta.



# 1. INFORMACIÓN GENERAL

## 1.1. Antecedentes

El Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (CIV) es la institución encargada de proporcionar a la población guatemalteca carreteras que brinden seguridad. Está llevando a cabo proyectos de reconstrucción, rehabilitación y mejoramiento, por medio de la Dirección General de Caminos, encargada de verificar que se logren los aspectos mencionados en tramos seleccionados.

Uno de estos tramos carreteros es el de la ruta nacional 12 norte, tramo Tacaná-Tectitán en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango. La empresa FCC Construcción S. A. fue la contratada para realizar la construcción, debido a que el tramo se encontraba en malas condiciones y el cual se incrementa en el invierno, afectando la circulación del usuario con la seguridad deseada.<sup>1</sup>

## 1.2. Descripción del proyecto

La obra está localizada en el occidente del país, sobre la ruta nacional 12 norte, con longitud de 10 km que inicia en Tacaná km 68+305 y termina en la localidad de Tectitán km 79+414. Los trabajos a efectuar consisten en colocar una estructura de pavimento mediante las operaciones de reacondicionamiento de la subrasante existente, colocación de subbase granular de 20 cms de

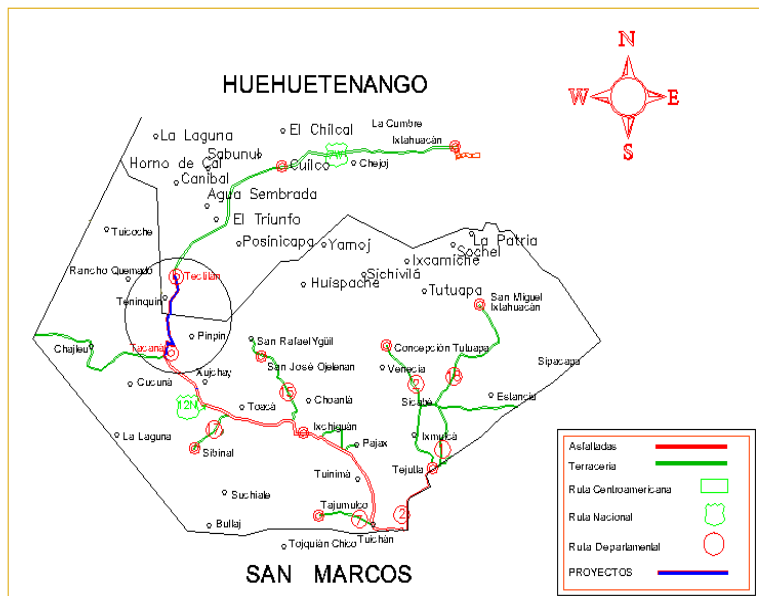
---

<sup>1</sup> Dirección General de Caminos. *Informe mensual de avance Num.1.* p. 7.

espesor, base granular de 15 cms y como superficie de rodadura carpeta asfáltica. Además incluyen trabajos de reparación, ampliación y colocación de estructuras de subdrenajes, drenaje menor, bóvedas, puente, señalización vertical, horizontal y trabajos de mitigación ambiental.

Tomando en cuenta el estudio de campo realizado se pudo apreciar que a lo largo del tramo, en los 10 km se compone de terracería. Dicho tramo presenta irregularidades que pueden ser atribuidas al tipo de material, ya sea por falta de saneo, mantenimiento de rutina requerido, entre otro. También se pudo observar anchos horizontales inadecuados para el diseño geométrico, que ameritaban el mejoramiento horizontal como vertical de la carretera.<sup>2</sup>

Figura 1. **Mapa de ubicación del proyecto**



Fuente: Dirección General de Caminos. *Mapa de ubicación*. <http://www.caminos.gob.gt>

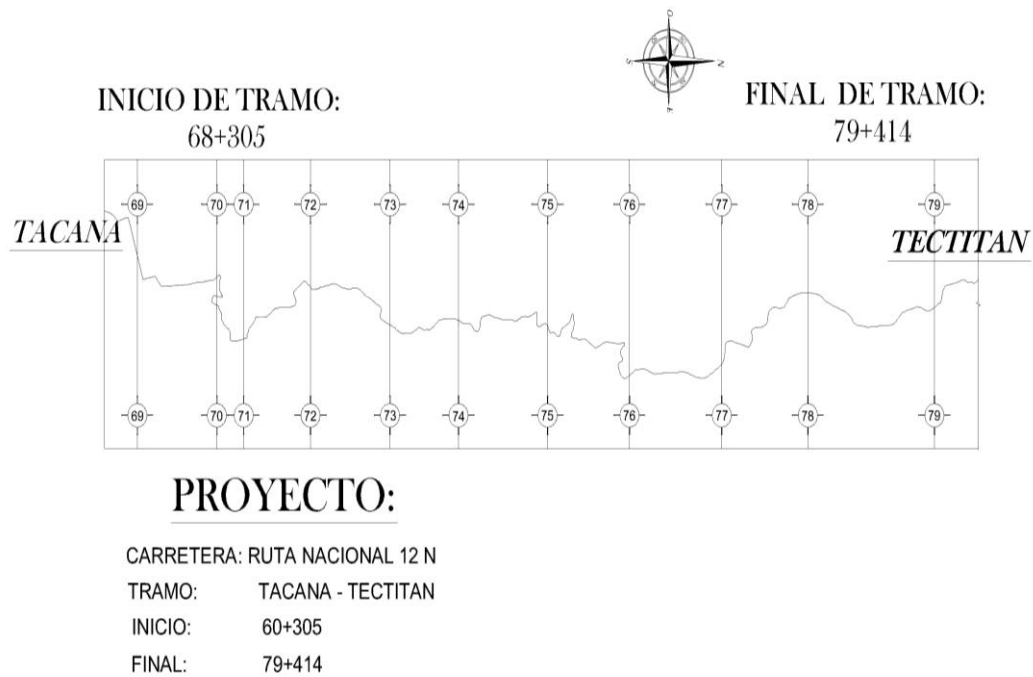
Consulta: 4 de marzo de 2015.

<sup>2</sup> Supervisora R & Q Ingeniería S.A., Dirección General de Caminos. *Informe mensual de avance Num.1*. p. 6.

### 1.3. Localización geográfica del proyecto

La obra está localizada en el occidente del país, sobre la ruta nacional 12 norte, en el departamento de San Marcos que inicia en Tacaná km 68+305 y termina en el departamento de Huehuetenango en la localidad de Tectitán km 79+414.

Figura 2. Tramo Tacaná-Tectitán



Fuente: R & Q INGENIERIA, S.A. *Tramo*. Consulta: 5 de mayo de 2015.

### 1.4. Características físicas del área a implementar las obras de protección a un pavimento

La información básica existente de características físicas del área es parte fundamental para la evaluación en la toma de decisiones con respecto a los procedimientos de protección a realizar.

### **1.4.1. Clima**

El clima en el área de Tacaná a Tectitán es semejante de acuerdo a su altitud, siendo de 2 200 a 2 242 msnm. El clima que prevalece es frío teniendo en cuenta que en ese territorio la temperatura media oscila en 5°. La máxima puede llegar a los 18 ° y la temperatura mínima es menos tres (-3) bajo cero debido a las elevaciones que predominan, la temperatura es semicálida bien definida.

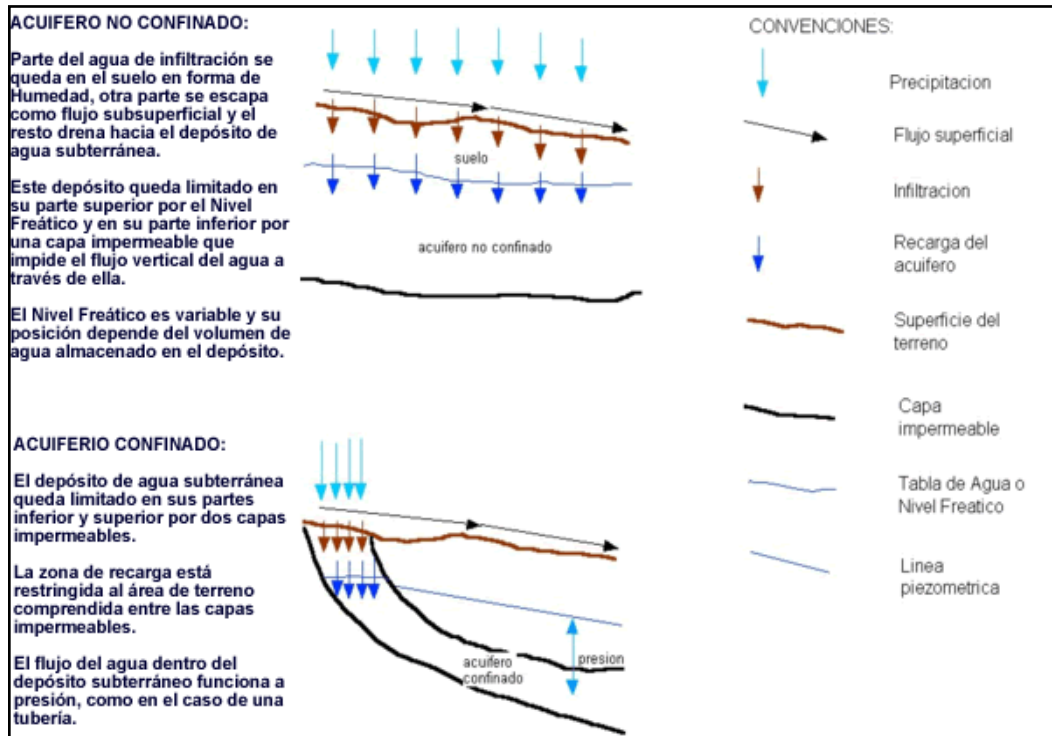
### **1.4.2. Precipitaciones**

Una de las características de mayor interés encontradas en el tramo son los nacimientos de aguas subterráneas y superficiales que existen sobre el pie, cara y corona de los taludes. Debido a la infiltración de agua en los estratos donde provienen los acuíferos forma los nacimientos. También se hace notar el corrimiento de aguas pluviales por la intensa precipitación, el cual es atribuido a la ubicación geográfica que va de los 2 000 mm al año en las partes altas, y en la parte baja puede llegar a los 4 000 mm anuales. Asimismo, se estima los días de lluvia que van de 120 a 180 días al año, lo cual repercute en la humedad relativa en esta área que va de los 70 a los 85 %, en las tardes generalmente predomina neblina.

Efectivamente el comportamiento de aguas subterráneas es técnicamente llamado confinamiento de acuíferos, que es producido por las precipitaciones pluviales. Debido a la infiltración y condensación en las capas del suelo, para su comprensión, se define la clasificación y el proceso de flujo en la figura siguiente:



Figura 3. Confinamiento de aguas subterráneas



Fuente: JOHNSON, A.I. STEPHENS, D.B. *Conceptos Fundamentales de Hidrogeología*. p. 40.

### 1.4.3. Geografía

Conjunto de características físicas importantes para tomar referencia, ubicación y la determinación del tipo de terreno en donde se ejecutará el proyecto.

- Fisiografía: conforman la fisiografía: tierras altas, sedimentarias, con montañas fuertemente escarpadas, suelos poco profundos de textura arcillosa y franco arcillosa, mal drenados y con pendientes pronunciadas que van de 30° a 70°.

- Hidrografía: el agua es un elemento de la naturaleza compuesto por hidrógeno y oxígeno, de donde toma su nombre de hídrico. Es una sustancia líquida, insípida e inodora y es el principal recurso para la supervivencia del ser humano y demás seres vivos.

En los municipios se encuentran varios afluentes hidrográficos, los cuales son aprovechados por la población para consumo y para riego de cultivos agrícolas.

Recursos hídricos existentes, entre los ríos más importantes que componen la cuenca se enumeran los siguientes:

- Río Toniquín: el cual se forma de varios riachuelos y ojos de agua. Es muy importante para el municipio, ya que recorre las comunidades de Tojul, Sacchumbá, Toajlaj, Taltzú y Taloj, hasta desembocar en el río Agua Caliente.

El agua de este río se utiliza para riego de pequeñas áreas de cultivo. Es un río permanente y no tiene capacidad para generación eléctrica.

- Río Chiste: atraviesa las comunidades de Manzanales, Timuluj, Ixconolí y Llano Grande, luego desemboca en el río Totanám. Representa un recurso natural, que al igual que el anterior, se utiliza para riego de cultivos y para lavar ropa. Cuando el verano es prolongado, el caudal disminuye al extremo de secarse.
- Río Chorro: nace en el municipio de Tacaná y recorre la comunidad de Sacchumbá, en donde forma una caída de 15 metros de alto. Esta

se puede apreciar mejor en invierno, porque en verano el caudal disminuye.

- Río Totaná: este río pasa por la comunidad Tectiteca, cruza la aldea Llano Grande, pasa por el caserío Cheox y aldea Agua Caliente, donde toma el nombre de estos lugares y desemboca en el río Cuilco.

Se utiliza para riego de cultivos y lavandería. A pesar de ser permanente, no tiene potencial hidroeléctrico.

- Río Agua Caliente: es uno de los más importantes está ubicado en la aldea del mismo nombre a doce kilómetros de la cabecera municipal. El río pasa por yacimientos azufrados, siendo aprovechado para la construcción de un centro turístico con piscinas de agua caliente y fría.

Sus aguas tienen propiedades curativas, por lo cual es muy visitado por pobladores tanto locales como de otras comunidades. Su caudal es permanente, aún así no tiene potencial hidroeléctrico.

- Vías de comunicación: en el municipio de Tacaná, San Marcos se localizan las siguientes carreteras: ruta nacional 1, ruta nacional 6-W, ruta nacional 12-N y la Interamericana CA-2. La última inicia de la ciudad Tecún Umán, municipio de Ayutla, frontera con México, y recorre la zona costera del país. Se llega a El Salvador, por la carretera CA-9 sur, y al departamento de Escuintla comunicándose con la ciudad capital.

En Tectitán Huehuetenango su principal vía de comunicación con la capital lo constituye la carretera Interamericana o CA-1W; comunica la Mesilla en la frontera con México y se une con San Cristóbal Totonicapán con el sistema vial del país, en el lugar conocido como cuatro caminos. Además, hay otras carreteras que comunican la cabecera departamental con todos sus municipios en todo el recorrido.

También existen roderas, veredas y caminos vecinales de terracería que sirven de comunicación entre poblados vecinos.

- Uso actual de la tierra: los municipios, por tener un clima variado y las cumbres más altas de Centroamérica, posee un uso de la tierra capacitado para la siembra de una gran variedad de cultivos, como: papa, trigo, avena, cebada, manzana, durazno, melocotón y hortalizas. Así también para la producción forestal y la floricultura; crianza de ganado vacuno, ovino, porcino y equino; la avicultura y apicultura.
- Zonas de vida vegetal

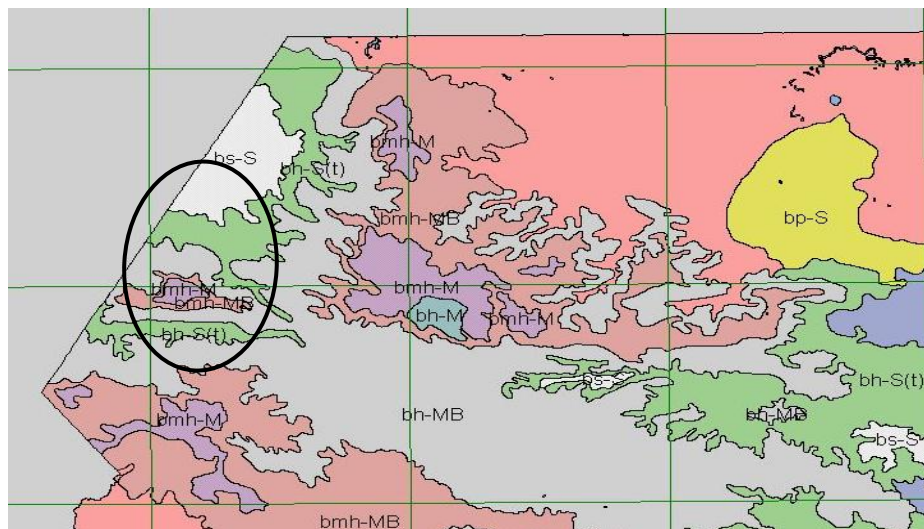
La topografía del terreno posee variedad de climas y por ende sus zonas de vida son diversas. Las más cercanas son siete, según la clasificación:

- Bosque seco subtropical
- Bosque húmedo subtropical templado
- Bosque húmedo subtropical cálido
- Bosque muy húmedo subtropical cálido
- Bosque húmedo montano bajo subtropical

- Bosque muy húmedo montano bajo subtropical
- Bosque muy húmedo montano subtropical.

Sobresalen en el área dos zonas de vida: bosque húmedo subtropical (templado) y bosque muy húmedo montano subtropical.

Figura 4. **Mapa de zonas de vida holdrige**



Fuente: Instituto Nacional Forestal de la Cruz. *Mapa de Zonas de Vida a nivel de reconocimiento*. Consulta: 5 de marzo de 2015.

- Áreas protegidas: Tectitán aún no cuenta con áreas protegidas declaradas. Tacaná se encuentra en la actualidad con el volcán de Tacana como área protegida.
- Geología: en gran parte del área se pueden encontrar: carbonatos neocomianos. Así como rocas del período paleozoico, donde predominan las rocas metamórficas, filitas, esquistas cloríticas y

granatíferos, esquistos y gnesses de cuarzo. También es una zona donde predominan las fallas geológicas, que se pueden observar gran cantidad de ellas.

- Capacidad productora de la tierra: a través de estas formas o prácticas se han clasificado los niveles de productividad de la tierra, siendo para Guatemala 8 los niveles de clasificación. En estos municipios predominan 3 niveles que son:

El nivel VI consta de tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña. Principalmente es para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos, con profundidad y rocosidad. Su topografía es ondulada fuerte y quebrada, fuerte pendiente.

El nivel VII abarca las tierras no aptas para el cultivo. Son aptas solo para fines o uso de explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada.

El nivel VIII son tierras no aptas para todo cultivo, solo parques nacionales, recreación y vida silvestre, y para protección de cuencas hidrográficas. Su topografía es muy quebrada, escarpada o playones inundables.

#### **1.4.4. Topográfica**

El territorio es montañoso, atravesado por un sistema orográfico cuyo eje es la Sierra Madre. Sus intrincadas ramificaciones hacen el suelo irregular, áspero, caprichoso con altísimas cumbres que se cubren a veces de escarcha

en la estación fría. Posee dilatadas llanuras y campiñas de templado, o ardoroso temperamento con profundos precipicios y angosturas, despeñaderos y barrancos, suaves colinas, vegas ricas y amenas praderías, caudalosos ríos, lagunas, bosques y selvas.

Las pendientes definidas en el tramo es otra característica de mucha importancia por mencionar, las cuales oscilan de 3 % hasta 20 %; con grados de curvatura  $G \text{ máx.} = 70^\circ$  y  $G \text{ min.} = 20^\circ$ .

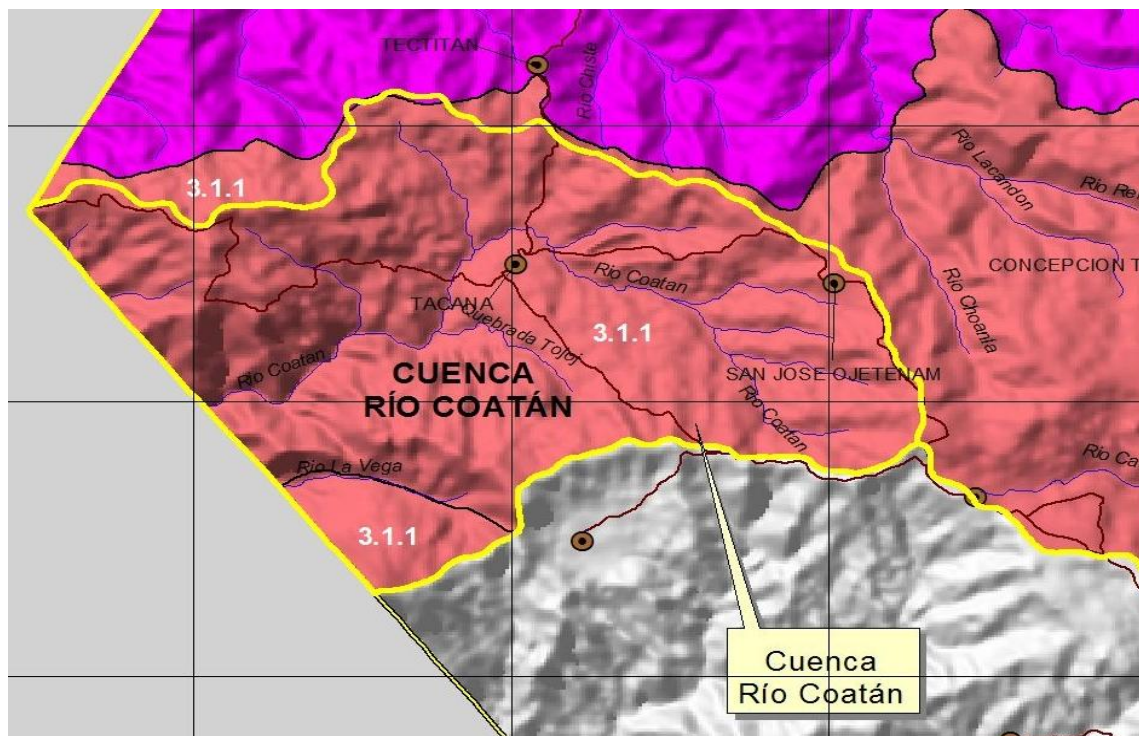
#### **1.4.5. Estudios hidrológicos**

- Cuenca hidrográfica del área: la región comprendida por la vertiente del Pacífico cubre la cuenca hidrográfica del Coatán se caracteriza por ríos más cortos y pendientes fuertes.
- Cuenca del río Coatán de la vertiente del Pacífico: el río Coatán ofrece una perspectiva de desarrollo de abanico aluvial más amplio teniendo columnas de agua hasta de 1,5 m casi constantes en la parte del cuello de garganta de la cuenca y en donde recibe un mayor volumen concentrado de agua que erosiona las terrazas aflorantes.

Esta cuenca ocupa el 7,55 % del territorio departamental y es binacional internacionalmente entre Guatemala y México. En la parte guatemalteca se encuentra la cabecera de la cuenca cubriendo el 30 % del país. Nace en la parte noroccidente del volcán Tacaná. El río Coatán es el drenaje principal y desemboca en el Océano Pacífico, en la barra de San Simón (México) tiene una pendiente media del 5,6 % del cauce principal, siendo la más alta en la región y la segunda más alta en el país. Este se forma de la confluencia de los ríos Saquipaque y Tuixmil, le

caracteriza un curso inicial de este a oeste y luego cambia en dirección suroeste. El caudal medio anual en la estación Culay es de 1,48 m/s.

Figura 5. **Mapa de ubicación (cuenca río Coatán)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoMap 2014.



Tabla I. **Características del área**

DESCRIPCIÓN	TACANA	TECTITAN
Código Municipal	13210	1 321 001
Altitud ( Sobre el Nivel del Mar )	2242	2 200
Latitud	15° 14" 28´	15° 18" 20´
Longitud	92° 03' 59"	92° 03' 36"
Precipitación ( mm Anuales )	2,000 a 2,500	2 000 a 4 000
Clima	Frío	Frío
Humedad relativa	80	80
Días de lluvia ( Total Anual )	160	160
Temperatura ( Grados Anuales )	19.9° y 5.7°	22° y 14°
Brillo solar ( Horas/Sol )	220	220
Hoja cartográfica	G-2	G-2
Extensión Territorial Km²	302	68
Población Censo 1981	-----	4 197
Población Censo 1994	-----	6 361
Población Censo 2003	71,674	8 569
Población 2009	88,106	10 412

Fuente: elaboración propia.

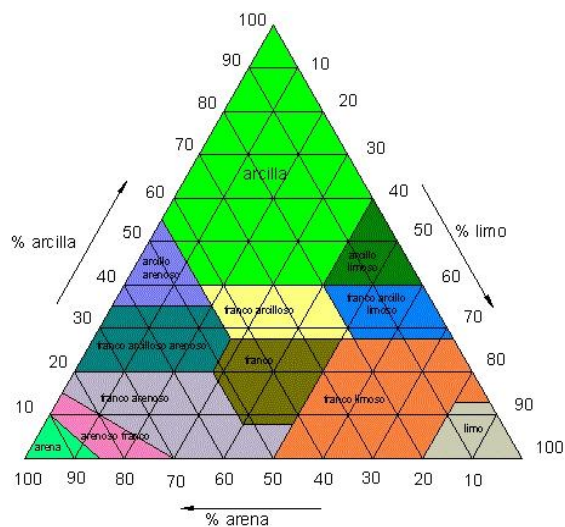


## 2. ESTUDIO DE SUELOS

### 2.1. Suelos encontrados en el tramo

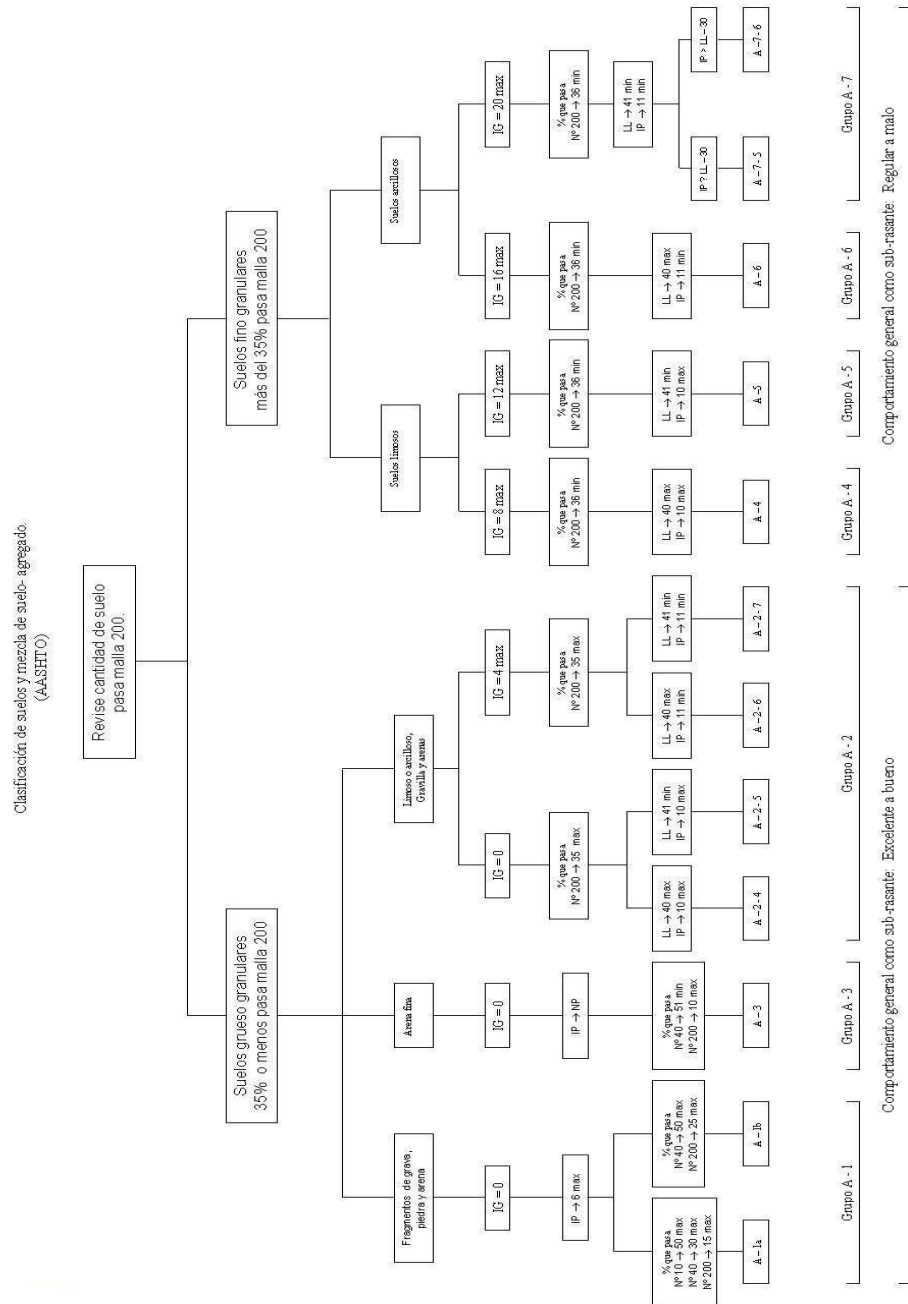
Según muestras tomadas de los materiales existentes en el tramo Tacaná-Tectitán y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados, clasifican los suelos según la cantidad del porcentaje de suelo que pasa por la malla num.10, num.40, num.200, y la evaluación de el índice de grupo, límite líquido, límite plástico e índice plástico definidos en la tabla de clasificación de los suelos y mezcla de suelo-agregado de la AASHTO. Y verificando los porcentajes en el triángulo textural.

Figura 6. Triángulo textural



Fuente: KRAMER, Josh. *Propiedades hidráulicas de los Suelos*. p. 31.

Tabla II. **Clasificación de los suelos y mezcla del suelo-agregado**



Fuente: Ingeniería civil en El Salvador. *Elementos básicos de suelos.*

<http://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/diseno-y-construccion-de-bases-de-suelo.html>

Consulta 3 de mayo de 2010.

Los suelos encontrados en el tramo Tacaná-Tectitán de acuerdo al análisis realizado con la evaluación de los ensayos de laboratorio presentados posteriormente son:

Tabla III. **Suelos en el tramo**

CALICATA	MUESTRA TOMADA	LADO	CLASIFICACIÓN
Núm 1	Estación 68+860	L.C	Suelos finos granulares más de 35 % pasa malla 200, representando un suelo arcilloso A-6 del grupo A-6.
Núm 2	Estación 69+340	L.D	Suelos gruesos granulares 35 % o menos pasa malla 200, representando una arena fina A-3 del grupo A-3.
Núm 3	Estación 69+840	L.I	Suelos finos granulares más de 35 % pasa malla 200, representando suelo arcilloso A-7-5 del grupo A-7.
Núm 4	Estación 70+340	L.C	Suelos finos granulares más de 35 % pasa malla 200, representando un suelo limoso A-5 del grupo A-5
Núm 5	Estación 70+840	L.D	Suelos gruesos granulares 35 % o menos pasa malla 200, representando un suelo limoso o arcilloso, gravilla y arena A-2-7 del grupo A-2
Núm 6	Estación 71+840	L.I	Suelos finos granulares más de 35 % pasa malla 200, representando un suelo limoso A-4 del grupo A-4.
Núm 7	Estación 72+340	L.D	Suelos finos granulares más de 35 % pasa malla 200, representando un suelo arcilloso A-7-6 del grupo A-7.

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Bancos de materiales de préstamo utilizados**

Son una fuente de materiales para la construcción que deben tener una cantidad y calidad consistente para las necesidades del proyecto, en este caso del tramo: Tacaná-Tectitán. En este caso se realizaron los ensayos correspondientes al material encontrado, con el objeto de asegurar que fuese de buena calidad y cumpliera con los requerimientos.

- Banco matazano: localizado en la Estación 72+340 L.I según muestra tomada y ensayos realizados:

Los materiales usados se encuentra en la clasificación de suelos gruesos granulares 35 % o menos pasa malla 200, representando un suelo limo o arcilloso, gravilla y arena A-2-6 del grupo A-2, utilizado para capas de subrasante.

## **2.3. Datos específicos de los materiales utilizados**

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los ensayos realizados al material utilizado en la subrasante del tramo Tacaná-Tectitán. Cabe destacar la importancia de los valores obtenidos en el límite líquido, límite plástico, humedad óptima y C.B.R. al 95 % de compactación.

Tabla IV. **Resultados del material utilizado en subrasante**

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Límite líquido: L.L	21,73 %
Límite plástico: L.P	N.L.P
Índice plástico: I.P	N.I.P
Humedad óptima:	13,80 %
PUS máximo:	1 954 Kg/m <sup>3</sup>
CBR al 95 % de compactación:	39,4
Porcentaje de hinchamiento:	0,3

Fuente: elaboración propia.

#### **2.4. Ensayos de laboratorio realizados**

Los ensayos de laboratorio son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas de un terreno. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra.

- Análisis de suelos: de acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se analizan en dos grupos: cuyo origen se debe a la descomposición física y química de las rocas, es decir inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Los depósitos naturales que forman todo tipo de suelo son tan variados que ningún método de exploración es ideal para todos los casos; esto significa que cada suelo requerirá, probablemente, de un procedimiento para investigarlo muy diferente del que necesitará otro subsuelo.

Antes de proceder a explorar, es conveniente un análisis y observación preliminar de la zona para tener información que, en muchos casos, evitará investigaciones costosas e innecesarias.

- Ensayos de laboratorio: para la realización de los ensayos de laboratorio al tramo Tacaná-Tectitán, se utilizó de referencia las normas ASTM, AASHTO y las indicaciones de la Dirección General de Caminos.
  - Ensayo proctor modificado: norma AASHTO T180-01: standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54 kg (10 lb) Rammer and a 457 mm (18 in)

La relación existente entre la densidad seca de un suelo (su grado de compactación) y su contenido en agua es de gran utilidad en la compactación de suelos. Su regulación se realiza mediante el ensayo de proctor en sus dos variantes, normal y modificado.

La diferencia entre las dos variantes (proctor normal y proctor modificado) radica únicamente en la energía de compactación empleada, del orden de 4,5 veces superior en el segundo caso que en el primero. Esta diferencia puede explicarse fácilmente, ya que el proctor modificado no es más que la lógica evolución del normal.

El acomodo de las partículas, en un suelo que se ha tratado de mejorar, no solo depende de las características del dispositivo que se usó para compactar, sino fundamentalmente de la humedad que tenía en ese momento el material. Si las partículas están secas, la fricción intergranular opone una resistencia mayor al desplazamiento relativo de ellas, que si se encuentran lubricadas por una película de



agua. Por el contrario, si la masa tiene una humedad elevada, el agua llena los vacíos que podrían ser ocupados por partículas en un arreglo más denso. Esto es cierto en suelos que tienen alto porcentaje de finos y no en las arenas gruesas y gravas. Por lo tanto, existe un contenido de agua con el que se obtiene el máximo peso volumétrico.

Para medir el grado de compactación de un material o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de esta se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo.

Para obtener una buena compactación será necesario controlar debidamente la cantidad de agua, porque si esta es muy poca, no existirá lubricación y no se podrá disminuir la fricción existente entre las partículas; en caso de que la humedad sea en exceso, las partículas podrán ser separadas por el agua.

La situación anterior demuestra que es necesario determinar la cantidad de agua para obtener una excelente lubricación, que permita la mayor densidad posible llamada densidad máxima o peso unitario seco máximo; y a la cantidad de agua necesaria para obtener dicha densidad recibe el nombre de humedad óptima.

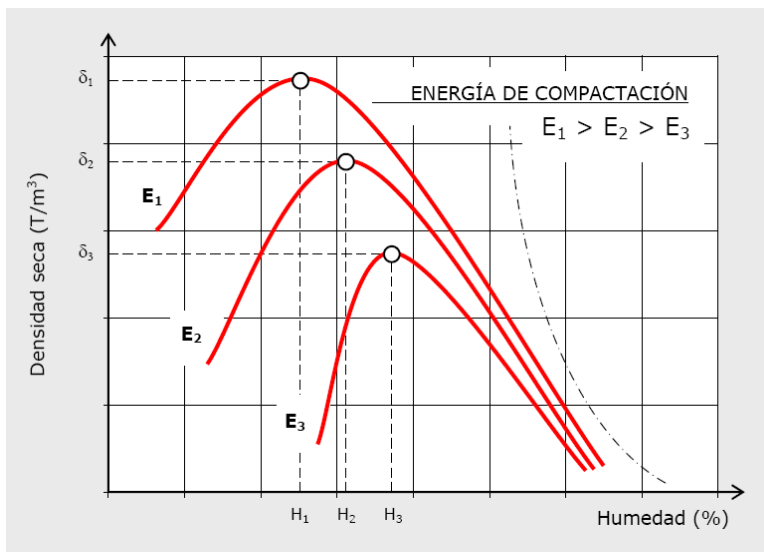
En general, es conveniente compactar un suelo para:

- Aumentar la resistencia al corte y por consiguiente, mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de pavimentos.

- Disminuir la compresibilidad y así reducir los asentamientos.
  - Disminuir la relación de vacíos y por consiguiente, reducir la permeabilidad.
  - Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.
- Influencia de la energía de compactación

Se toma un mismo suelo y se estudia la relación humedad-densidad para distintas energías de compactación. Se observará que el punto de humedad óptima varía en función de la energía que se haya aplicado a la muestra.

Figura 7. **Influencia de la energía de compactación**

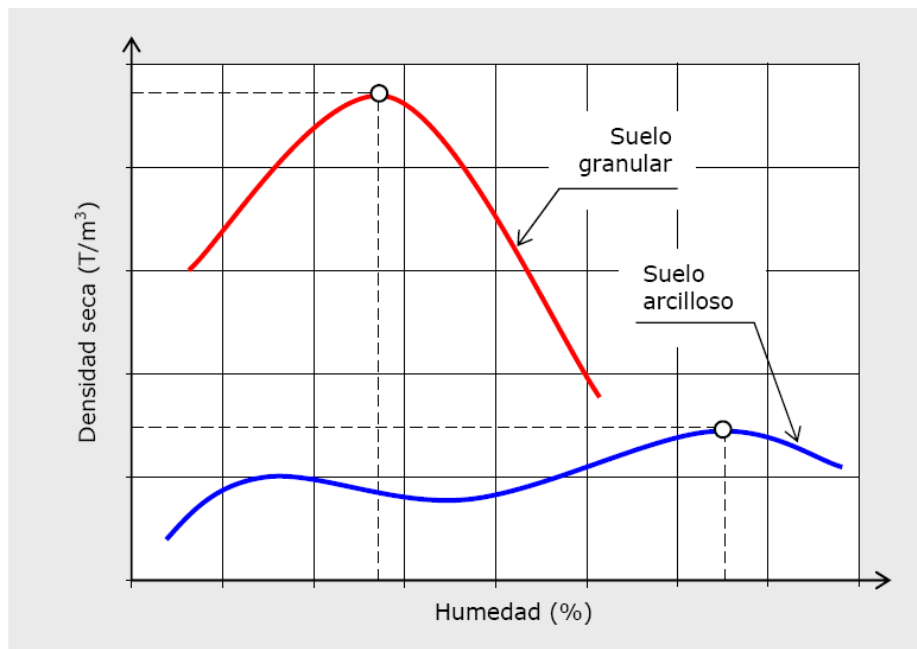


Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 14.

- Influencia del tipo de suelo

La tipología del suelo, concretamente su composición granulométrica, determina la forma de la curva de compactación. Se podría decir que no hay dos suelos iguales, pero si pueden englobarse en dos grupos de comportamiento.

Figura 8. **Influencia del tipo de suelo**



Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 15.

- Ensayo capacidad soporte California

Norma AASHTO T193-99: Standard Method of Test for The California Bearing Ratio, Norma ASTM D1883-07: Standard Test Method for CBR.

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California, como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subbase o material de base en construcciones de carreteras.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, que permite obtener un porcentaje de la relación de soporte. El porcentaje de CBR está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada; una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad. Una probeta con una muestra estándar de material triturado.

- Ensayo granulométrico

Norma AASHTO T27: Standard Method of Test for The California Bearing Ratio, Norma AASHTO T11: Standard Method of Test for The California Bearing Ratio.

La función de este ensayo es determinar las proporciones de los distintos tamaños de granos existentes en el suelo.

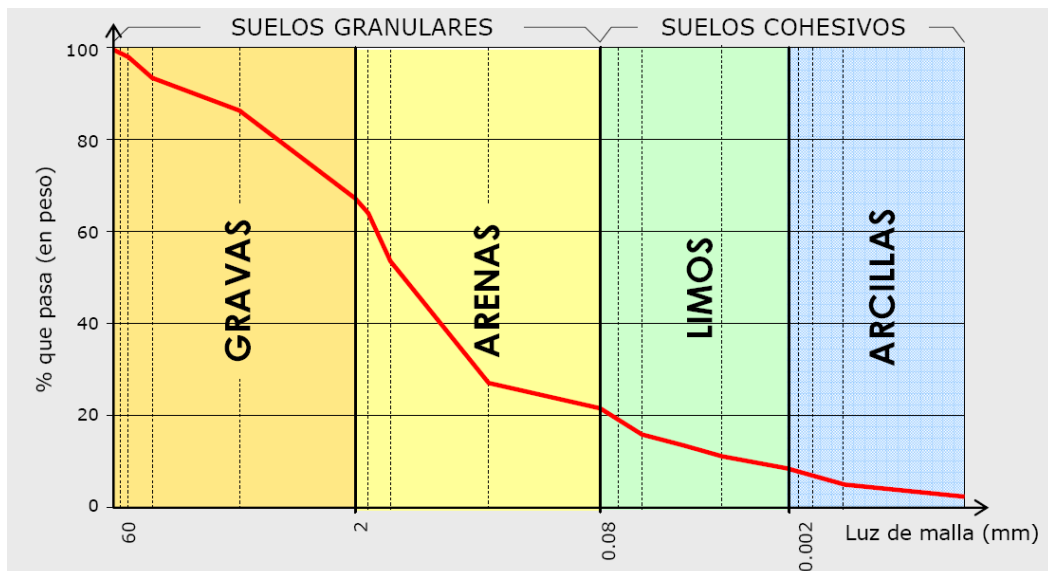
El tamiz es la herramienta fundamental para efectuar este ensayo; se trata de un instrumento compuesto por un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciamiento uniforme

denominado abertura, a través del cual se hace pasar la muestra de suelo a analizar.

Se emplea una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales atraviesa una determinada cantidad de suelos secos, quedando retenida, en cada tamiz, la parte de suelo cuyas partículas tengan un tamaño superior a la abertura de dicho tamiz.

Una vez realizado el proceso de tamizado se procede a pesar las cantidades retenidas en cada uno de los tamices, y se construye una gráfica semilogarítmica donde se representa el porcentaje en peso de muestra retenida (o el que pasa) para cada abertura de tamiz.

Figura 9. **Curva granulométrica**



Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 6.

Como aplicación directa de este ensayo puede establecerse una clasificación genérica de suelos para atender a su granulometría.

Tabla V. **Clasificación granulométrica**

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>		<b>Tamaño (mm)</b>
Suelos granulares	Bolos y Bloques		>60
	Grava	Gruesa	60 - 20
		Media	20 - 6
		Fina	2 - 6
	Arena	Gruesa	0,6 - 20
		Media	0,2 - 0,6
Fina		0,08 - 0,2	
Suelos cohesivos	Limo	Gruesa	0,02- 0,08
		Media	0,006 - 0,02
		Fino	0,002 - 0,006
	Arcilla		<0,002

Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 8.

- Ensayo límites de Atterberg: el comportamiento de un suelo está influenciado por la presencia de agua. Este hecho se acentúa cuanto menor es el tamaño de las partículas que componen dicho suelo. Especialmente, es relevante en aquellos donde predomina el componente arcilloso, ya que en ellos los fenómenos de interacción superficial se imponen a los de tipo gravitatorio.

- Límite líquido: Norma AASHTO T089-02: Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils, Norma ASTM D423-66 (1982): Method of Test for Liquid Limit of Soils.

Está definido como la humedad en la cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico y el estado líquido.

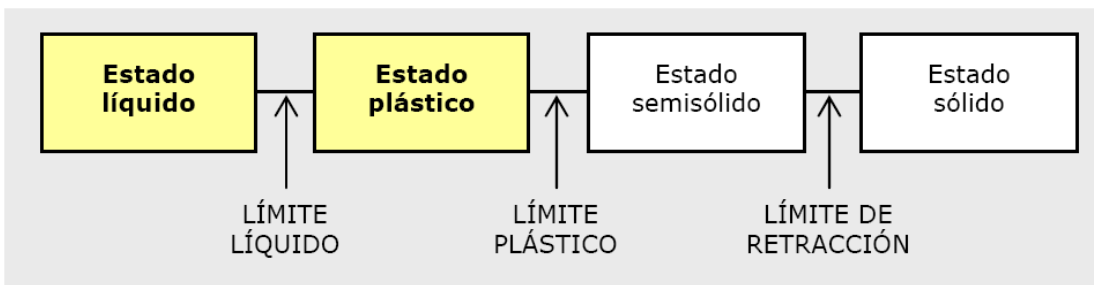
- Límite plástico: norma AASHTO T090-00: Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, Norma ASTM D424-54 (1982): Method of Test for Plastic Limit of Soils.

Está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico.

- Estados de consistencia: pueden darse en los suelos coherentes en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido.
  - Líquido: la presencia de una cantidad excesiva de agua anula las fuerzas de atracción interparticular que mantienen unido al suelo (la cohesión) y lo convierte en un líquido viscoso sin capacidad resistente.
  - Plástico: el suelo es fácilmente moldeable y presenta grandes deformaciones con la aplicación de esfuerzos pequeños. Su comportamiento es plástico, por lo que no recupera su estado inicial una vez cesado el esfuerzo. Mecánicamente no es apto para resistir cargas adicionales.

- **Semisólido:** el suelo deja de ser moldeable, pues se quiebra y resquebraja antes de cambiar de forma. No obstante, no es un sólido puro, ya que disminuye de volumen si continúa perdiendo humedad. Su comportamiento mecánico es aceptable.
- **Sólido:** en este estado el esfuerzo alcanza la estabilidad, ya que su volumen no varía con los cambios de humedad. El comportamiento mecánico es óptimo. Las humedades correspondientes a los puntos de transición entre cada uno de los estados definen los límites líquido (LL), plástico (LP) y de tracción (LR) respectivamente.

Figura 10. **Estados de consistencia de los suelos**



Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 9.



Tabla VI. **Valores típicos de consistencia en los suelos**

Párametros		Tipo de suelo		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite líquido	15 - 20	30 - 40	40 - 150
LP	Límite plástico	15 - 20	20 - 35	25 - 50
LR	Límite de retracción	12 - 18	14 - 25	8 - 35
IP	Índice de plasticidad	0 - 3	10 - 15	10 - 100

Fuente: Dirección General de Caminos. *Manual de carreteras*. Sección 15, p. 11.

## 2.5. Evaluación de resultados de pruebas de laboratorio

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, de los ensayos realizados, determinan las propiedades de los materiales utilizados para las capas de la estructura del pavimento. También la clasificación de suelos encontrados en las diferentes áreas de la capa de subrasante. Se muestra el análisis del comportamiento de los materiales expuestos a cambios de temperatura y clima.

Esto es notable en la época de lluvia, teniendo en cuenta que las altas precipitaciones pluviales causan infiltración en los taludes adyacentes a la carretera, produciendo drenes naturales o también llamados nacimientos de agua. Toda esa infiltración de agua conlleva a la saturación de los materiales que induce hinchamiento provocando deslizamientos, hundimientos y otros.

Debido al daño que puede causar el comportamiento de los materiales que existen en esa área, según la evaluación de resultados, se define la propuesta del manejo de aguas subterráneas en el tramo Tacaná-Tectitán.

Esto para su impacto económico se evaluó con indicadores económicos entre ellos el beneficio-costo, tomando en cuenta dos alternativas zonas nuevas con sistema de protección y zonas sin sistema de protección aplicado a la obra de protección subdrenajes.

### **3. OBRAS DE PROTECCIÓN PARA PAVIMENTO**

Para proteger un camino de la saturación en la estructura de un pavimento se pueden realizar de diferentes métodos, entre estos están las obras de protección de aguas subterráneas llamados subdrenajes. Estas estructuras sirven para dispersar, transportar el agua a una caja receptora.

#### **3.1. Obras de protección implementadas para agua subterráneas**

El sistema de drenaje es uno de los aspectos más importantes, hay muchos métodos para lograr el objetivo de drenar un camino, entre estos están drenajes transversales, drenajes de superficie y subdrenaje. Estas estructuras sirven para dispersar y disminuir la velocidad o transportar el agua, evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua.

##### **3.1.1. Subdrenajes**

Las técnicas de drenaje subterráneo o subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de los deslizamientos y la estructura del pavimento. El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poros o impedir que aumenten. A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor.

###### **3.1.1.1. Diseño**

El diseño de los sistemas de subdrenaje es complejo debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos desde el punto de vista del drenaje subterráneo y es muy difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de

subdrenaje. El movimiento de las aguas en los taludes por lo general, es irregular y complejo.

El diseño de subdrene tiene por objeto determinar los siguientes elementos:

- Profundidad y ancho de la zanja: un drené de zanja típico es de 1 metro de ancho y de 1 a 3 metros de profundidad. El sistema más utilizado, actualmente, es el de material grueso envuelto en geotextil, el cual actúa como elemento filtrante.
- Las pendientes de los taludes: deben ser de baja pendiente para eliminar la posibilidad de erosión por afloramiento del agua subterránea. Como complemento, se pueden colocar filtros invertidos para controlar la erosión lateral.
- Localización en planta de los subdrenes
- Material filtrante y especificaciones

Los tamaños que se utilizan comúnmente son los siguientes:

- Gravas de 1 a 2 pulgadas de diámetro
- Gravas de  $\frac{3}{4}$  de pulgada a  $1 \frac{1}{2}$  pulgadas

Entre más grueso sea el material, el comportamiento del subdréne generalmente es más eficiente.

El porcentaje de finos debe limitarse a menos del 3 % en peso de pasantes del tamiz número 200 y los finos no deben ser plásticos. Los subdrenes construidos con material que contenga más del 5 % de finos generalmente son ineficientes.

Se recomienda el uso de materiales angulosos, con el objeto de garantizar una mayor permeabilidad y una mayor resistencia al cortante. En el caso de los subdrenes excavados por debajo de la superficie de falla, la utilización de material anguloso genera un mejor efecto estabilizante; sin embargo, cuando los subdrenes no alcanzan la superficie de falla, es indiferente el uso del material redondeado o anguloso.

- Caudales recolectados: el cálculo de caudales para el diseño de drenes requiere un análisis geotécnico (muy completo) del comportamiento del agua en el suelo del sitio. Para lograr un suelo uniforme se puede obtener una solución analítica que incluya otros efectos como la infiltración debida a la precipitación. El diseñador debe tener un conocimiento muy claro de la estructura geológica, en especial de la presencia de mantos, discontinuidades o zonas de alta permeabilidad.
- Sistemas de recolección y entrega: los tubos utilizados pueden ser metálicos, de polietileno o PVC, generalmente con diámetros de 2" o 3", se recomienda el uso de tubería de al menos 4 pulgadas, para asegurar la eficiencia de los sistemas de subdrenaje a largo plazo. Anteriormente, se usaban de mortero de cemento para recolectar el agua de los filtros y conducirla hacia un sitio de entrega.

### **3.1.1.2. Definición**

Los subdrenes consisten en una red colectora de tuberías perforadas, alojadas en zanjas para permitir recolectar el agua subterránea con objeto de controlarla y retirarla, minimizando su efecto negativo en las capas estructurales del pavimento.

Según su colocación los subdrenes para carreteras se clasifican en:

- Subdrenes longitudinales: son aquellos que se colocan paralelos al eje de la carretera, coincidentes en su alineamiento horizontal y vertical.
- Subdrenes transversales: son aquellos que se construyen perpendiculares al eje del camino o esviajados.

### **3.1.1.3. Materiales**

Los subdrenes de zanja pueden ser construidos con los siguientes materiales:

- Material de filtro y tubo colector
- Material grueso permeable sin tubo (subdrenaje francés)
- Geotextil como filtro, material grueso y tubo colector
- Geotextil, material grueso y sin tubo
- Tubo colector con capa gruesa de geotextil alrededor
- Subdrene 100 % sintético con geomalla, geotextil y tubo colector

Los materiales más utilizados, históricamente, para la construcción de subdrenes de zanja son los suelos granulares.

El material de filtro debe cumplir los siguientes objetivos:

- Impedir el paso de las partículas finas del suelo que se va a proteger. Se debe tener en cuenta que los drenes pueden ser ineficientes al obstruirse debido al transporte y el depósito de las partículas más finas del suelo.
- Permitir la filtración rápida del agua. Para cumplir con estos objetivos, los materiales de filtro deben cumplir ciertos requisitos de granulometría. Los materiales deben ser suficientemente gruesos para facilitar el drenaje y suficientemente finos para evitar el peso del suelo que se va a proteger.

#### **3.1.1.4. Colocación**

En el procedimiento de construcción se excava la zanja a la profundidad deseada cumpliendo con la especificación requerida. Se coloca el geotextil extendido en la zanja en sentido longitudinal, se introduce una manguera o tubo de filtro con perforaciones (dentro de la zanja) y se rellena la zanja con material granular grueso.

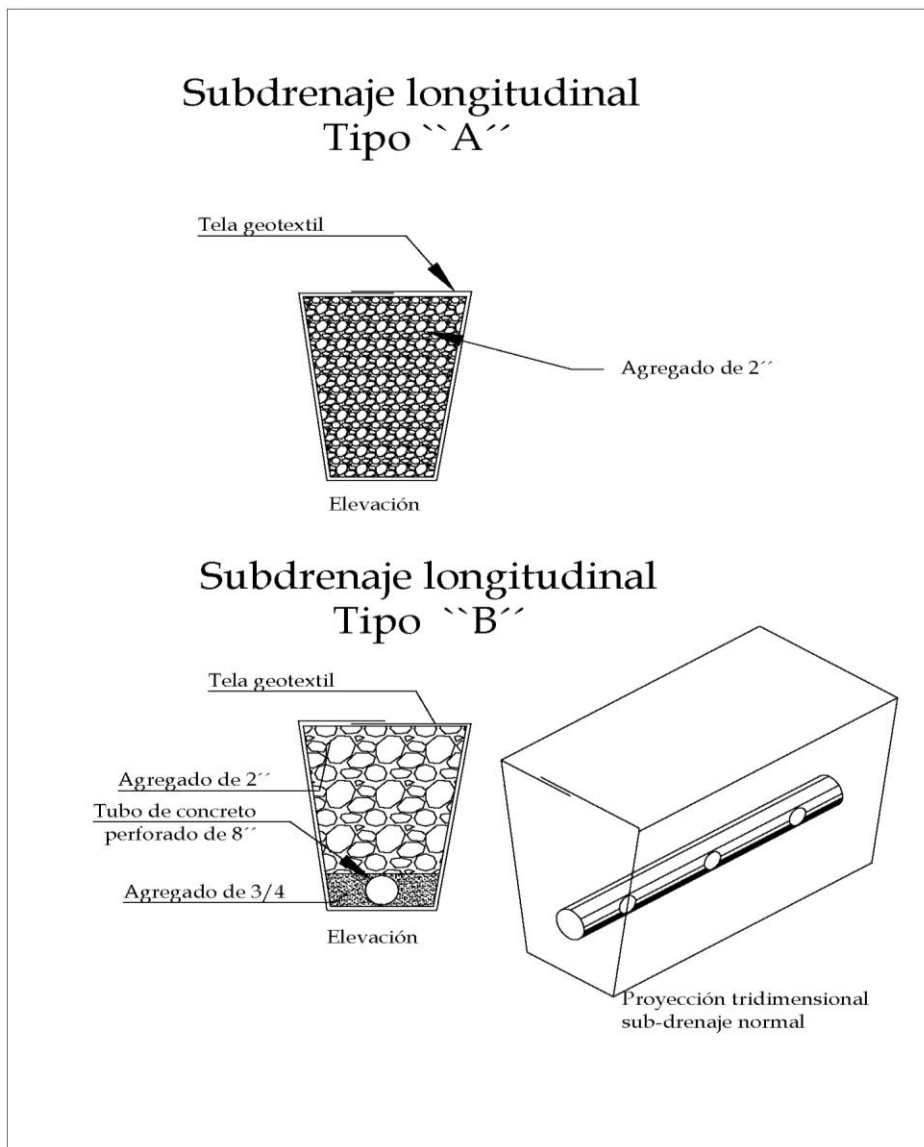
Finalmente, se cierra el conjunto doblando y traslapando el geotextil. Se recomienda la utilización de material uniforme y lo más grueso posible para garantizar una buena conductividad.

Los tipos de subdrenajes implementados en el tramo Tacana-Tectitán son de tipo longitudinal:

- Material grueso permeable sin tubo (subdrenaje francés).
- Geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.

- Dimensiones: 50 centímetros de ancho, 1 metro de profundidad debajo de la rasante.

Figura 11. Tipos de subdrenajes utilizados en el tramo



Fuente: elaboración propia, AutoCAD 2014.



- Subdrenaje longitudinal tipo “A”: se utilizan los siguientes materiales:
  - Agregado de 2 pulgadas: limpio y durable con partículas del material de forma angulosa o redondeada. Sin requerimiento de ninguna graduación especial se usaron fragmentos de un solo tamaño. Sin contenido de materiales erodables, arcillosos y limosos, ni con una resistencia al desgaste menor del 40% en la máquina de Los Ángeles.
  - Geotextil tipo no tejido compuestos de filamentos de polímeros sintéticos.
  
- Para el subdrenaje longitudinal tipo “B”, los materiales utilizados son:
  - Agregado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y de 2 pulgadas: limpio, durable, granular no plástico. Las partículas del material de forma angulosa o redondeada. Sin requerimiento de ninguna graduación especial se emplearon fragmentos de un solo tamaño. Sin contenido de materiales erodables, arcillosos y limosos, ni con una resistencia al desgaste menor del 40% en la máquina de Los Ángeles.
  - Geotextil tipo no tejido compuestos de filamentos de polímeros sintéticos.
  - Tubo perforado de mortero de cemento de 8 pulgadas de diámetro: En la tubería de campana y espiga se debe colocar con las campanas siguiendo la dirección ascendentes de la pendiente. Se debe asentar en una capa de agregado fino para filtro en el fondo de la excavación, también se coloca con las perforaciones en posición

lateral y no en la parte superior, las cuales no deben de ser menores a 3/16 de pulgada y no mayores a 3/8 de pulgada.

El número de hileras de perforaciones se reparten por mitad en dos grupos en ambos lados del tubo. En los segmentos comprendidos entre la mitad superior y su tercio inferior, la separación entre hileras no debe de ser menor a 2,5 cms.

La pendiente mínima debe de estar en 0,2 % a 0,3 %, normalmente las pendientes deben de estar comprendidas en 0,5 % mínima y 1,0 % máxima.

Tabla VII. **Características mecánicas e hidráulicas del geotextil**

DESCRIPCIÓN	NORMA	VALORES
Resistencia a la tensión "Grab"	D-4632	400 N (90 lbs)
Resistencia a la tensión "Grab"	D-4632	50%
Resistencia al estallido "Mulien"	D-3786	241 kPa (175 psi)
Resistencia a la perforación	D-4833	235 N (55 lbs)
Resistencia al desgarre	D-4533	160 N (40 lbs)
Abertura aparente de poros (AOS)	D-4751	< 0,17 mm
Permeabilidad	D-4491	3 660 l/min/m <sup>2</sup>
Flujo de Agua	D-4491	> 90 gal/min/pie <sup>2</sup>

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para la construcción de carreteras y puentes 2,001*. Sección 605. p. 605-4.

## **4. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. Indicadores económicos (definición)**

Todo estudio económico de un proyecto tiene por objeto su evaluación, medir sus impactos económicos para calificarlo y verificar la rentabilidad del mismo.

A continuación se presentan los indicadores económicos del tramo Tacaná-Tectitán:

#### **4.1.1. Beneficio/costo**

La relación beneficio/costo (B/C) está representado por la relación ingresos y egresos que son calculados utilizando el valor actual neto, permitiendo calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, pero en su defecto una tasa un poco más baja que se denomina tasa utilizada para evaluar proyectos.

El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, implicando:

- B/C > 1 implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
- B/C = 1 implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

- $B/C < 1$  implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

#### **4.1.2. Análisis de razonabilidad**

El mantenimiento de la red vial representa el desarrollo de nuestro país y de sus habitantes. La satisfacción de continuar con una política que valora la inversión pública y la inversión en la infraestructura vial en particular se concreta expresándose en un presupuesto cada vez mayor para los entes viales nacionales, y con una actividad de integración en proyectos entre la nación Y las provincias.

Por el cual se considera un elemento vital en la lucha contra la pobreza y en el desarrollo de la economía y la integración nacional.

Se estaba consciente de que el país permanece inmerso en una profunda crisis, con un estado de pobreza e indigencia en una parte importante de la sociedad. También que los profesionales son una herramienta que contribuya a la superación de los problemas, teniendo en cuenta que la actividad genera beneficios económicos y modifica el esquema de estancamiento, frente a una realidad actual en la que la preocupación está en el hacer, en conseguir los insumos, en dirigir las obras y administrarlas con prudencia.

Con mucho criterio, el sector vial ha enfrentado durante estos años, las consecuencias de las carencias del pasado. Estas son reflejadas en la falta de mantenimiento, proyectos inconclusos y una red que iba envejeciendo frente a un creciente y una demanda en aumento.

Guatemala tiene una red vial que en términos generales está madura en densidad y en cantidad de kilómetros, que aún no es homogénea.

La prioridad asignada al sector de la infraestructura vial ha sido acompañada por todo el sector del transporte carretero, consciente de la imperiosa necesidad de mejorar.

Es necesario remarcar las consecuencias negativas que la falta de políticas permanentes de desarrollo de la infraestructura vial ha generado en todo el sector público y privado. Los cambios en las políticas de inversión de las autoridades pasadas, la falta de criterios para analizar las consecuencias de la falta de inversión han generado no solo consecuencias sobre las empresas, sino también la desorganización del Estado en las áreas dedicadas a la inversión, generando problemas en las capacidades del propio sector para resolver situaciones críticas.

La discontinuidad es sinónimo de incertidumbre y produce mayores costos. Se debe tener en cuenta, y hacérselo saber a la sociedad, que se está en el inicio de un profundo proceso de transformación de nuestro principal sistema de transporte, el carretero, y sobre su base, de la infraestructura vial.

La inversión es positiva, y frente a las demandas que el transporte vehicular genera sobre nuestra red. Se debe dar un salto en la calidad y cantidad de la inversión, de modo tal de producir un cambio revolucionario en la red que contribuya efectivamente a integrar al país, posibilitar una redistribución hacia áreas periféricas.

Es importante un plan efectivo a largo plazo para crear una red vial integrada y moderna, también es necesario con la continuidad de las

inversiones, y el convencimiento de que nuestra sociedad requiere un sistema vial moderno, seguro e integrado.

Conservación permanente de las redes existentes:

- Soluciones diferenciadas para cada uno de los sistemas viales (caminos rurales, rutas provinciales, caminos turísticos y otros).
- Mejora en la señalización vial especialmente en rutas provinciales.
- Eliminación o restricción del paso de rutas por las zonas urbanas.
- Modernización de algunos sectores de la red vial con el desarrollo de:
  - Anchos superiores a los diseñados
  - Rediseño de tramos o curvas peligrosas de la red

Al estudiar la capacidad futura de las rutas en función de la composición del tránsito se toma en cuenta la cantidad de camiones y automóviles y el desarrollo productivo de cada zona. Esta acción determinará los niveles de tránsito necesarios para el cálculo de diseños viales posteriores. Hay que considerar que no se requiere la misma solución para un camino que tendrá un tránsito de 1 500 vehículos diarios dentro de 15 años que para uno de 15 000. Es decir, si bien el sistema es una red integral, desarrollar los proyectos con rentabilidad económica y social a corto y mediano plazo más conveniente, porque son los proyectos que generan retornos y beneficios justificados, tanto económicos como sociales.

Esto da la posibilidad de ofrecer un volumen diferente de soluciones para cada tramo, sin olvidar el concepto de red. El concepto de red no implica que todas las rutas sean absolutamente iguales sino que considera la posibilidad de transitabilidad similar y una integración entre cada uno de los sistemas.

Más allá de que se puede estimar el crecimiento del producto bruto en el futuro, hay una serie de proyectos regionales en cada una de las provincias que van a incidir en el tránsito.

Las inversiones en la red vial han servido de apoyo a la producción en general y se hace notar el incremento de tránsito y cargas que debe soportar la misma.

Es necesario pensar una tendencia a largo plazo para desarrollar el sistema vial, es decir, se continúa tratando de imponer criterios de mantenimientos razonables, no solo en la red nacional sino también en las redes provinciales. Esto refleja, en la actualidad, la seguridad vial.

## **4.2. Evaluación comparativa beneficio/costo**

Uno de los aspectos cruciales de la evaluación del beneficio-costo es determinar claramente la situación sin proyecto y su comparación con proyecto. Este análisis permite identificar los costos y beneficios incrementales para la toma de decisiones identificando que alternativa es aceptable para su inversión. La primera alternativa se define (sin proyecto) y para su evaluación comparativa se tiene:

### **4.2.1. Evaluación de zonas que no tienen sistema de protección**

En el tramo: Tacaná-Tectitán existen varias zonas que no cuentan con sistemas de protección, a continuación se detalla un listado indicando el estacionamiento y el análisis de costos relacionados con la falta de subdrenaje.

- Primera alternativa

Descripción de las zonas que no tienen sistema de protección subdrenaje:

- Est- 68+490 a 68+690 un total de 200 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
- Est- 69+090 a 69+590 un total de 500 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
- Est- 70+190 a 70+890 un total de 700 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
- Est- 71+000 a 72+900 un total de 1900 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
- Est- 73+690 a 73+890 un total de 200 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
- Est- 74+090 a 74+390 un total de 300 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
- Est- 74+900 a 76+500 un total de 1600 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
- Est- 76+600 a 78+195 un total de 1595 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.

Total de metros lineales sin sistema de protección 6 795 mts.

#### **4.2.1.1. Costo de construcción**

El costo de construcción del tramo carretero de la ruta nacional 12 norte que conduce de Tacana hacia Tectitán San Marcos, según el monto contratado por la Dirección General de Caminos asciende Q 44 048 223,74.



#### 4.2.1.2. Costo de mantenimiento

En este sentido se estimó un costo por kilometros de mantenimiento rutinario, que consiste en la limpieza de cunetas y drenajes menores, costo de operación vehicular calculado con aforos vehiculares, por el cual el monto total en el mantenimiento fue evaluado de inicio del primer año de la vida útil de la carretera hasta 10 años de su diseño geométrico. Se define en las tablas VIII y IX siguientes para su cálculo:

- **Mantenimiento de rutina:** la actividad de mantenimiento de rutina en área donde fluye las descargas de lluvia tienen que tener constantemente limpieza para la conservación de capa del pavimento. Esta actividad abarca limpieza de cunetas azolvadas, limpieza de alcantarillas de sección llena azolvada, limpieza de alcantarillas de sección media azolvada y limpieza del derecho de vía.

Tabla VIII. **Mantenimiento de rutina anual**

DESCRIPCIÓN	LONGITUD	MONTO/AÑO
Primer año de duración	10 km	Q 300 000,00
Segundo año de duración	10 km	Q 300 000,00
Tercer año de duración	10 km	Q 320 000,00
Cuarto año de duración	10 km	Q 350 000,00
Quinto año de duración	10 km	Q 380 000,00
Sexto año de duración	10 km	Q 400 000,00
Séptimo año de duración	10 km	Q 400 000,00
Octavo año de duración	10 km	Q 420 000,00
Noveno año de duración	10 km	Q 450 000,00
Décimo año de duración	10 km	Q 480 000,00
	TOTAL	Q 3 800 000,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de operación vehicular: los costos considerados son los correspondientes al tránsito vehicular que circula por el tramo Tacaná-Tectitán de la ruta nacional 12 norte. Este tránsito se obtiene de los resultados de los conteos vehiculares que se realizaron y se determinó que la tasa de crecimiento vehicular está en el orden del 4,0 % (según la Dirección General de Caminos) para ser usada en su evaluación económica. Ver tabla XII.

Tabla IX. **Primer conteo vehicular**

Orden	CLASIFICACIÓN	HORA						CONTEO	
		6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	12 Horas	24 Horas
1	Automóviles, Paneles y jeep	20	22	20	22	25	25	134	188
2	Pick-Ups	57	62	60	73	71	72	395	553
3	Microbuses	5	4	7	5	6	4	31	43
4	Buses	25	23	27	27	28	27	157	220
5	Camiones Medianos de ( 2 Ejes )	15	13	12	12	16	17	85	119
6	Vehículos de 3 Ejes	4	2	3	3	5	5	22	31
7	Vehículos de 4 Ejes o mas	0	1	0	1	0	0	2	3
	<b>TPDA</b>	<b>1156</b>						<b>826</b>	<b>1156</b>
	<b>VEHICULOS PESADOS</b>	<b>372</b>							
	<b>PORCENTAJE</b>	<b>32.20%</b>							

Fuente: Dirección General de Caminos. *División de Planificación y Estudios, Departamento de Tránsito, Datos Consolidados de aforos vehiculares años 2,005. p. 2.*

Tabla X. Segundo conteo vehicular

Orden	CLASIFICACIÓN	HORA						CONTEO	
		6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	12 Horas	24 Horas
1	Automóviles, Paneles y jeep	20	20	18	19	25	25	127	178
2	Pick-Ups	53	50	55	61	55	52	326	456
3	Microbuses	4	3	3	5	5	4	24	34
4	Buses	20	18	22	25	21	24	130	182
5	Camiones Medianos de ( 2 Ejes )	15	13	11	12	11	17	79	111
6	Vehículos de 3 Ejes	1	2	1	2	1	0	7	10
7	Vehículos de 4 Ejes o mas	0	1	0	0	0	0	1	3
	<b>TPDA</b>	<b>973</b>						<b>TOTAL</b>	<b>694</b>
	<b>VEHICULOS PESADOS</b>	<b>305</b>							<b>973</b>
	<b>PORCENTAJE</b>	<b>31.38%</b>							

Fuente: Dirección General de Caminos. *División de Planificación y Estudios, Departamento de Transito, Datos Consolidados de aforos vehiculares años 2,005.* p. 3.

En la tabla siguiente se presenta el rango de tiempo a considerar según la proyección vehicular del TPDA y la vida útil de la carretera a la que fue diseñada, la cual es de 10 años, entonces el periodo de tiempo se tomara de año 2006 – 2015 para su evaluación.

Tabla XI. Resultados TPDA

AÑO	DISEÑO T.P.D.A.	TIPO DE VEHICULO							TOTAL	%	CONTEO
		1	2	3	4	5	6	7			
2005	826	134	395	31	157	85	22	2	266	32.20%	12 Horas
	1156	188	553	43	220	119	31	3	373	32.20%	24 Horas

PROYECCION VEHICULAR 2,006 - 2,015

AÑO	T.P.D.A.	TIPO DE VEHICULO							TOTAL	%
		1	2	3	4	5	6	7		
2005	1156	188	553	43	220	119	31	3	373	32.20%
2006	1202	196	575	45	229	124	32	3	388	32.20%
2007	1250	203	598	47	238	129	34	3	403	32.20%
2008	1300	211	622	48	247	134	35	3	420	32.20%
2009	1352	220	647	50	257	139	36	4	436	32.20%
2010	1406	229	673	52	268	145	38	4	454	32.20%
2011	1463	238	700	54	278	151	39	4	472	32.20%
2012	1521	247	728	57	290	157	41	4	491	32.20%
2013	1582	257	757	59	301	163	42	4	510	32.20%
2014	1645	268	787	61	313	169	44	4	531	32.20%
<b>2015</b>	<b>1711</b>	<b>278</b>	<b>819</b>	<b>64</b>	<b>326</b>	<b>176</b>	<b>46</b>	<b>4</b>	<b>552</b>	<b>32.20%</b>
2016	1780	289	851	66	339	183	48	5	574	32.20%
2017	1851	301	885	69	352	191	50	5	597	32.20%
2018	1925	313	921	72	366	198	52	5	621	32.20%
2019	2002	326	958	74	381	206	54	5	646	32.20%
2020	2082	339	996	77	396	214	56	5	672	32.20%

Fuente: Dirección General de Caminos, *División de Planificación y Estudios, Departamento de Transito, Datos Consolidados de aforos vehiculares años 2,005. p. 7.*

Los costos de operación de vehículos para el tránsito normal son calculados por el modelo HDH-4 de la Dirección General de Caminos con base en determinados parámetros, incluyendo los precios económicos para diversos factores como datos de entrada. Los parámetros generados del análisis incluyen, para cada categoría de vehículos, sus características básicas, la utilización del vehículo y los precios económicos unitarios.

Por otro lado en su estimación se consideran los aspectos físicos de la carretera en su condición actual, entre lo que cabe señalar: la pendiente, la curvatura, el ancho de la superficie de rodadura, el tipo de rodadura, la altura

sobre el nivel del mar y precipitaciones pluvial en el área del proyecto. También los costos por recorrido: combustible, lubricante, llantas, depreciación y mantenimiento. Ver tabla XII.

Tabla XII. Cálculo de costo de operación vehicular (alternativa uno)

Costo operación vehicular alternativa uno (condición de pavimento)																							
Cantidades TPDA de vehículos										Cantidades de costo de operación vehicular													
Orden	Tipo de vehículo	Km	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	P.U. Km	Costo año 1	Costo año 2	Costo año 3	Costo año 4	Costo año 5	Costo año 6	Costo año 7	Costo año 8	Costo año 9	Costo año 10
1	Automóviles, parates y jeep	10	196	203	211	220	229	238	247	257	268	278	Q 3,10	Q 6 076,00	Q 6 283,00	Q 6 541,00	Q 6 820,00	Q 7 099,00	Q 7 378,00	Q 7 657,00	Q 7 967,00	Q 8 308,00	Q 8 618,00
2	Pick-Ups	10	575	598	622	647	673	700	728	757	787	819	Q 4,56	Q 26 220,00	Q 27 268,80	Q 28 383,20	Q 29 563,20	Q 30 888,80	Q 31 920,00	Q 33 196,80	Q 34 519,20	Q 35 887,20	Q 37 346,40
3	Microbuses	10	45	47	48	50	52	54	57	59	61	64	Q 9,42	Q 4 230,00	Q 4 427,40	Q 4 527,60	Q 4 710,00	Q 4 896,40	Q 5 086,80	Q 5 369,40	Q 5 557,80	Q 5 746,20	Q 6 028,80
4	Buses	10	229	238	247	257	268	278	290	307	313	326	Q 11,60	Q 26 564,00	Q 27 688,00	Q 28 652,00	Q 29 812,00	Q 31 088,00	Q 32 248,00	Q 33 640,00	Q 35 672,00	Q 36 308,00	Q 37 816,00
5	Camiones medianos de (2 Ejes)	10	124	129	134	139	145	151	157	163	169	176	Q 9,35	Q 11 594,00	Q 12 061,50	Q 12 529,00	Q 12 996,50	Q 13 557,50	Q 14 118,50	Q 14 679,50	Q 15 240,50	Q 15 801,50	Q 16 456,00
6	Vehículos de 3 ejes	10	32	34	35	36	38	39	41	42	44	46	Q 17,13	Q 5 481,80	Q 5 624,20	Q 5 965,50	Q 6 166,80	Q 6 516,40	Q 6 680,70	Q 7 023,30	Q 7 194,80	Q 7 537,20	Q 7 879,80
7	Vehículos de 4 ejes o mas	10	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	Q 21,37	Q 641,10	Q 641,10	Q 641,10	Q 854,80	Q 854,80	Q 854,80	Q 854,80	Q 854,80	Q 854,80	Q 854,80
<b>TOTALES</b>													<b>Q 80 915,70</b>	<b>Q 84 124,00</b>	<b>Q 87 245,40</b>	<b>Q 90 863,30</b>	<b>Q 94 095,90</b>	<b>Q 99 286,80</b>	<b>Q 102 420,80</b>	<b>Q 106 945,90</b>	<b>Q 110 442,90</b>	<b>Q 114 999,80</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Costo de operación vehicular (condición de terracería)

Costo operación vehicular alternativa uno (condición de terracería)																							
Orden	Tipo de vehículo	Km	Cantidades TPDA de vehículos										Cantidades de costo de operación vehicular										
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	P.U. Km	Costo año 1	Costo año 2	Costo año 3	Costo año 4	Costo año 5	Costo año 6	Costo año 7	Costo año 8	Costo año 9	Costo año 10
1	Automóviles, partes y rep	10	196	203	211	220	229	238	247	257	268	278	Q 3,10	Q 8.094,80	Q 8.383,90	Q 8.714,30	Q 9.086,00	Q 9.457,70	Q 9.829,40	Q 10.201,10	Q 10.614,10	Q 11.068,40	Q 11.481,40
2	Pick-Ups	10	575	598	622	647	673	700	728	757	787	819	Q 4,58	Q 24.980,00	Q 36.358,40	Q 37.817,60	Q 39.337,80	Q 40.916,40	Q 42.560,00	Q 44.282,40	Q 46.025,60	Q 47.948,60	Q 49.795,20
3	Microbuses	10	45	47	48	50	52	54	57	59	61	64	Q 9,42	Q 5.652,00	Q 5.803,20	Q 6.028,80	Q 6.280,00	Q 6.531,20	Q 6.782,40	Q 7.159,20	Q 7.410,40	Q 7.661,60	Q 8.038,40
4	Buses	10	229	238	247	257	268	278	290	307	313	326	Q 11,60	Q 35.426,30	Q 38.818,60	Q 38.210,90	Q 39.757,90	Q 41.459,60	Q 43.006,60	Q 44.863,00	Q 47.482,90	Q 48.421,10	Q 50.432,20
5	Camiones medianos de (2 Ejes)	10	124	129	134	139	145	151	157	163	169	176	Q 9,35	Q 15.962,80	Q 16.066,30	Q 16.709,80	Q 17.333,30	Q 18.081,50	Q 18.829,70	Q 19.577,90	Q 20.326,10	Q 21.074,30	Q 21.947,20
6	Vehículos de 3 ejes	10	32	34	35	36	38	39	41	42	44	46	Q 17,13	Q 7.308,80	Q 7.765,60	Q 7.994,00	Q 8.222,40	Q 8.679,20	Q 8.907,60	Q 9.364,40	Q 9.592,80	Q 10.049,60	Q 10.506,40
7	Vehículos de 4 ejes o mas	10	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	Q 21,37	Q 855,00	Q 855,00	Q 855,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00	Q 1.140,00
<b>TOTALES</b>													<b>Q107.759,70</b>	<b>Q112.771,00</b>	<b>Q116.339,40</b>	<b>Q121.157,20</b>	<b>Q126.267,60</b>	<b>Q131.055,70</b>	<b>Q135.588,00</b>	<b>Q142.801,90</b>	<b>Q147.264,60</b>	<b>Q153.340,80</b>	

Fuente: elaboración propia.

En las tablas XII y XIII que se muestran anteriormente, se calculan los costos de lo que cuesta recorrer un kilómetro a cada uno de los vehículos según su tipo, en las condiciones físicas de la carretera de pavimento alternativa uno, además en condiciones físicas de la carretera de terracería y se tomará como beneficio para la alternativa uno y dos tomando como rango de tiempo 10 años de la vida útil de la carretera.




#### **4.2.1.3. Nivel de daño y costo de reparación**

El nivel de daño que presenta las fallas son de tipo “B”. Su origen se encuentra en deficiencias constructivas (falta de subdrenes) y condiciones locales naturales (humedad por mantos acuíferos) particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los daños de tipo “B” se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, cuero de lagarto, desprendimientos y afloramientos.

Los niveles de daños se presentan en la figura siguiente, indicando la gravedad del deterioro del asfalto y el tipo de la falla.



Figura 12. Nivel de daño tipo “B”

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Fuente: Pinilla Valencia, Julián Andrés. *Calificación del estado superficial y evaluación económica de carreteras*. p. 14 y 19.

Figura 13. Reparaciones en el tramo tipo “B”



Fuente: Tramo Tacaná–Tectitán. km. 74+680

- **Costo de reparación**

El costo de reparación se realizó debido a las fallas en la carpeta de rodadura, retirando la base y la capa de asfalto que se dañó y sustituyéndola por una nueva.

Tabla XIV. **Costo de reparaciones de fallas en el tramo (alternativa uno)**

Periodo	Estaciones	Costo Reparación		
		Longitud	Ancho	Costo
Año 1	Est. 70+800	15	2	Q 120 000,00
Año 2	Est. 71+200	20	2,5	Q 200 000,00
Año 3	Est. 72+100	30	2,6	Q 312 000,00
Año 4	Est. 73+600	25	5	Q 500 000,00
Año 5	Est. 74+100	35	2	Q 280 000,00
Año 6	Est. 74+800	35	1,8	Q 252 000,00
Año 7	Est. 75+400	45	2	Q 360 000,00
Año 8	Est. 76+550	50	2	Q 400 000,00
Año 9	Est. 77+900	60	3,5	Q 840 000,00

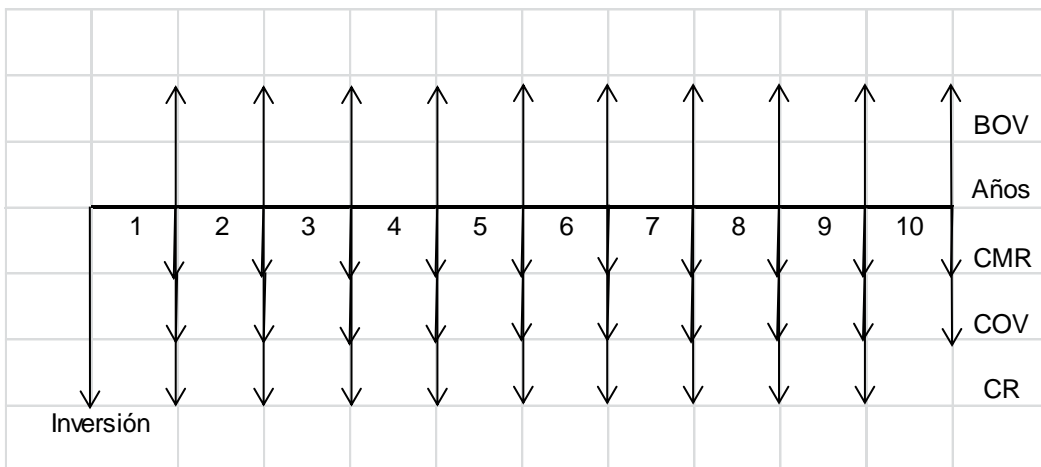
Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.4. Duración

La durabilidad de carretera del tramo: Tacaná-Tectitán del departamento de San Marcos, en condiciones afectadas por el clima, paso vehicular, y la falta de subdrenajes en los tramos mencionados, disminuye la vida útil de la misma, y según inspecciones de campo realizadas se define que el tiempo de vida ha afectado en un 20 % de su durabilidad.

- Evaluación alternativa uno
  - Costo de mantenimiento de rutina cada año= (CMR)
  - Costo de operación vehicular = (COV)
  - Costo de reparación = (CR)
  - Se estima como beneficio el costo de operación vehicular cuando el tramo es de terracería = (BOV) ver tabla XIII.

Figura 14. **Diagrama de ingresos y egresos en el periodo de 10 años alternativa uno**



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se visualizan los costos y los beneficios en un periodo de tiempo de 10 años, por el cual se calculó el valor actual neto y el b/c, en los cuales se utilizó el factor de valor presente para anualidades y una tasa de descuento de 7% sugerida por el Banco de Guatemala. Las cantidades de ingresos y egresos integrados en las páginas 42, 43, 47, 48, y 51, tomando

como beneficios los costos de operación vehicular antes de construir la carretera. Ver tabla XIII.

Los beneficios proporcionados por el proyecto son muy bajos, por el cual hay riesgo bajo las condiciones climáticas.

La reducción de los costos de transporte será variable y de mucha importancia para el acceso a los mercados, producción de los cultivos y productos locales. Esto generará empleo local, la contratación de trabajadores locales en el proyecto en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales, y el fortalecimiento de las economías locales.

Tabla XV. **Calculo de VAN y B/C (alternativa uno)**

ALTERNATIVA UNO	FLUJOS DE CAJA ANUAL DE INGRESOS Y EGRESOS ALTERNATIVA UNO										Beneficios	
	Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9		Año 10
Factor de valor presente al 7 % de descuento	Año 0	0.9346	0.8734	0.8163	0.7629	0.7130	0.6663	0.6227	0.5820	0.5439	0.5083	
Inversión inicial												
Costo de mantenimiento de rutina anual		Q (280 380,00)	Q (282 020,00)	Q (261 216,00)	Q (267 015,00)	Q (270 940,00)	Q (266 520,00)	Q (249 080,00)	Q (244 440,00)	Q (244 755,00)	Q (243 984,00)	Q 2 590 350,00
Costo de operación vehicular anual en pavimento		Q (667 091,56)	Q (75 530,35)	Q (73 473,90)	Q (71 216,79)	Q (69 319,61)	Q (67 516,16)	Q (65 488,49)	Q (62 242,51)	Q (60 069,69)	Q (58 454,40)	Q 667 091,56
Costo de reparación		Q (2 204 363,20)	Q (112 152,00)	Q (174 680,00)	Q (254 685,60)	Q (381 450,00)	Q (199 640,00)	Q (167 907,60)	Q (224 172,00)	Q (322 800,00)	Q (456 876,00)	Q 2 204 363,20
Beneficio de operación vehicular (Condiciones de terracería)		Q 889 500,46	Q 100 712,22	Q 94 960,51	Q 92 430,83	Q 90 028,80	Q 87 322,41	Q 85 040,89	Q 82 984,31	Q 80 097,22	Q 77 943,13	Q 889 500,46
		Q (48 620 528,05)	Q (367 350,14)	Q (412 203,75)	Q (492 157,88)	Q (625 353,78)	Q (448 069,38)	Q (451 989,54)	Q (456 488,21)	Q (681 603,68)	Q (224 495,27)	Q 5 461 804,76
VAN=INVERSION -COSTOS (Factor de valor presente)+BENEFICIOS(Factor de Valor Presente)												
VAN = -Q,44,048;223.74-Q,5,461;804.76+Q,889,500.46 =												
VAN= Q (48 620 528,05)												
B/C= $\frac{Q 889 500,46}{Q 49 510 028,50} = 0.02$												

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.2. Evaluación de zona nueva con sistema de protección**

Descripción de una zona nueva con la obra de protección subdrenaje:

Se tomó como base los metros lineales donde no se implementó la obra de protección. Se incluyeron a esta zona nueva quedando en condiciones de protección, la cual servirá para la comparación del beneficio/ costo.

- Segunda alternativa
  - Est- 68+490 a 68+690 un total de 200 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
  - Est- 69+090 a 69+590 un total de 500 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
  - Est- 70+190 a 70+890 un total de 700 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
  - Est- 71+000 a 72+900 un total de 1900 metros lineales sin subdrenaje lado derecho.
  - Est- 73+690 a 73+890 un total de 200 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
  - Est- 74+090 a 74+390 un total de 300 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.

- Est- 74+900 a 76+500 un total de 1600 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.
- Est- 76+600 a 78+195 un total de 1595 metros lineales sin subdrenaje lado izquierdo.

Total de metros lineales con sistema de protección 6 795 mts.

#### 4.2.2.1. Costo de construcción

En la construcción de 6 795 metros lineales de la obra de protección subdrenaje el costo asciende a Q. 1 842 200,00, sumándole el monto actual contratado del proyecto de Q 44 048 223,74. Se obtiene que el total de la construcción con obra de protección del tramo Tacana-Tectitán San Marcos de la ruta nacional 12 sería de Q, 45 890 423,74. De tal manera que en comparación del monto original, no es de gran impacto económico la cantidad que se aumentará. Al incluir estas obras especialmente en este tramo, aumentaría en mínimo el costo y el beneficio sería máximo.

Tabla XVI. Integración de costo de subdrenajes

Renglón	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Sub-Total
604,03	Sub-drenaje de 8"	M	6 795,00	Q120,00	Q815 400,00
604.03 (e)	Agregado fino para sub.-drenaje	M³	680,00	Q210,00	Q142 800,00
604.03 (f)	Agregado grueso para sub.-drenaje	M³	3 400,00	Q235,00	Q799 000,00
253.03(f).a	Tela geotextil (suministro y colocación)	M²	17 000,00	Q52,00	Q884 000,00
<b>TOTAL</b>					<b>Q1 842 200,00</b>

Fuente: elaboración propia.



#### **4.2.2.2. Costo de mantenimiento**

El mantenimiento son todos los procedimientos preventivos y correctivos que tienen a preservar la integridad de la infraestructura o a conservarla en un nivel aceptable, a continuación se describe y calcula el costo del mismo.

- Mantenimiento de rutina

La actividad de mantenimiento de rutina en área donde fluye las descargas de lluvia deben estar constantemente en limpieza para la conservación de capa del pavimento. Esta actividad abarca limpieza de cunetas azolvadas, limpieza de alcantarillas de sección llena azolvada, limpieza de alcantarillas de sección media azolvada y limpieza del derecho de vía. Ver tabla VIII.

- Costo de operación vehicular

Los costos de operación de vehículos para el tránsito normal son calculados por el modelo HDH-4 de la Dirección General de Caminos con base en determinados parámetros, incluyendo los precios económicos para diversos factores como datos de entrada. Los parámetros generados del análisis incluyen, para cada categoría de vehículos, sus características básicas, la utilización del vehículo y los precios económicos unitarios. Por otro lado en su estimación se consideran los aspectos físicos de la carretera en su condición actual, entre lo que cabe señalar: la pendiente, la curvatura, el ancho de la superficie de rodadura, el tipo de rodadura, la altura sobre el nivel del mar y precipitaciones pluvial en el área del proyecto. Así como también los costos por recorrido: combustible, lubricante, llantas, depreciación y mantenimiento. Ver tabla siguiente.

Tabla XVII. **Calculo de costo de operación vehicular (alternativa dos)**

Costo operación vehicular alternativa dos (condición de pavimento)																								
Orden	Tipo de vehículo	Cantidades TPDA de vehículos										Cantidades de costo de operación vehicular												
		Km	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	P.Ll Km	Costo año 1	Costo año 2	Costo año 3	Costo año 4	Costo año 5	Costo año 6	Costo año 7	Costo año 8	Costo año 9	Costo año 10	
1	Automóviles, perales y peso	10	196	203	211	220	229	238	247	257	268	278	Q 2.27	Q 4 449,20	Q 4 608,10	Q 4 788,70	Q 4 994,00	Q 5 198,20	Q 5 402,60	Q 5 608,99	Q 5 833,30	Q 6 083,60	Q 6 310,60	
2	Pick-Ups	10	575	588	622	647	673	700	728	757	787	819	Q 3,08	Q 17 710,00	Q 18 418,40	Q 19 157,60	Q 19 927,60	Q 20 728,40	Q 21 560,00	Q 22 422,40	Q 23 315,60	Q 24 238,60	Q 25 226,20	
3	Microbuses	10	45	47	48	50	52	54	57	59	61	64	Q 5,99	Q 2 665,50	Q 2 815,30	Q 2 975,20	Q 2 995,00	Q 3 114,80	Q 3 234,60	Q 3 414,30	Q 3 594,10	Q 3 853,90	Q 3 833,60	
4	Buses	10	229	238	247	257	268	278	290	307	313	326	Q 9,32	Q 21 342,80	Q 22 181,60	Q 23 020,40	Q 23 952,40	Q 24 977,60	Q 25 999,60	Q 27 028,00	Q 28 612,40	Q 29 171,60	Q 30 983,20	
5	Camiones medianos de (2 Ejes)	10	124	129	134	138	145	151	157	163	169	176	Q 6,16	Q 7 638,40	Q 7 946,40	Q 8 254,40	Q 8 562,40	Q 8 932,00	Q 9 301,60	Q 9 677,20	Q 10 040,80	Q 10 410,40	Q 10 841,60	
6	Vehículos de 3 ejes	10	32	34	35	36	38	39	41	42	44	46	Q 11,99	Q 3 638,80	Q 4 076,60	Q 4 196,50	Q 4 316,40	Q 4 556,20	Q 4 676,10	Q 4 915,90	Q 5 035,80	Q 5 275,60	Q 5 515,40	
7	Vehículos de 4 ejes o mas	10	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	Q 14,02	Q 420,80	Q 420,60	Q 420,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80	Q 560,80
<b>TOTALES</b>												Q 58 093,30	Q 60 467,00	Q 62 714,40	Q 65 308,60	Q 68 098,10	Q 70 445,30	Q 73 619,50	Q 76 933,40	Q 79 395,50	Q 82 670,40			

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.2.3. Nivel de daño**

El nivel de daño de la estructura del pavimento es producido por afloramientos de aguas subterráneas. En esta alternativa no se tomará en cuenta el daño, por el motivo que se está protegiendo la carretera con la obra de protección subdrenaje y se presentan fallas.

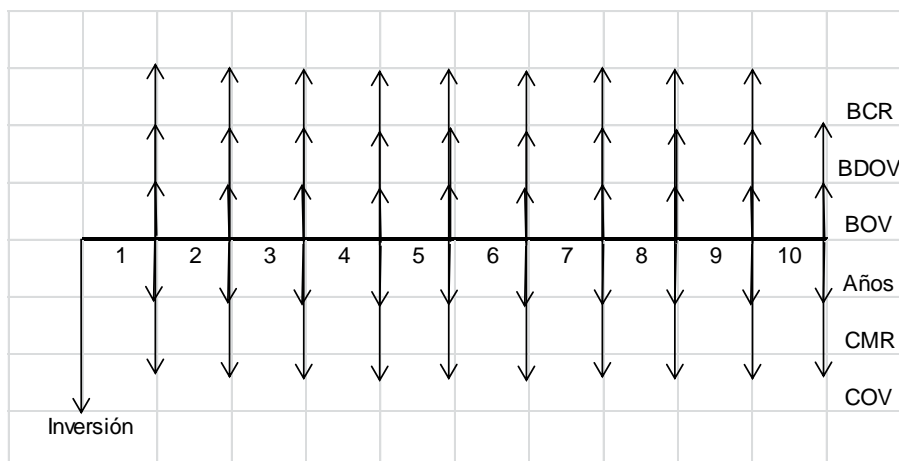
#### **4.2.2.4. Duración**

Para evaluar la duración de la carretera es necesario el análisis de aspectos que servirán para el cálculos del diseño de la estructura del pavimento, como lo son: el valor soporte del suelo obtenido en los ensayos de laboratorio realizados, la cantidad de ejes equivalentes por un periodo de 10 años calculado con base en los conteos vehiculares proporcionados por el Departamento de Ingeniería de tránsito de la división de planificación y estudios de la Dirección General de Caminos. Además de un factor de drenaje para las capas de base, subbase y reacondicionamiento de sub-rasante de 0,90, considerando la implementación de subdrenajes. Obra importante para que la vida útil del mismo sea durable y soporte las cargas aplicadas por el paso vehicular, se han tomado métodos de protección, enfocados en el manejo de aguas subterráneas como lo son en este caso del tramo Tacana-Tectitán la implementación de subdrenajes los cuales trabajando adecuadamente y efectivamente le dará durabilidad a la carretera.

- Evaluación alternativa dos
  - Costo de mantenimiento de rutina cada año = (CMR)
  - Costo de operación vehicular = (COV)

- Se estima como beneficio el costo de reparación que se calculo en la primera alternativa = (BCR)
- Se estima como beneficio el costo de operación vehicular cuando el tramo es de terracería = (BOV) (ver tabla XIII)
- Se estima como beneficio la diferencia del costo de operación vehicular entre la alternativa uno y dos = (BDOV)

Figura 15. **Diagrama de ingresos y egresos en el periodo de 10 años alternativa dos**



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama presentado anteriormente visualiza los costos y los beneficios en un periodo de tiempo de 10 años, por el cual se calculó el valor presente neto y el beneficio/costo, en los cuales se utilizó el factor de valor presente para anualidades y la tasa de descuento de 7% sugerido por el Banco de Guatemala. Las cantidades de costos y beneficios integrados en las páginas 43, 55, 56, 57, y 58, tomando como beneficios los costos de operación vehicular antes de construir la carretera. Ver tabla XIII.

Los beneficios proporcionados por el proyecto, incluyen la confiabilidad hasta el décimo año de su vida útil bajo todas las condiciones climáticas. Como la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en el proyecto en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales, y el fortalecimiento de las economías locales.

Tabla XVIII. Cálculo de VAN y B/C (alternativa dos)

ALTERNATIVA UNO	FLUJOS DE CAJA ANUAL DE INGRESOS Y EGRESOS ALTERNATIVA DOS											COSTOS absolutos	BENEFICIOS
	PERIODO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10		
FACTOR DE VALOR PRESENTE AL 7% DE DESCUENTO	Año 0	0,9346	0,8734	0,8163	0,7629	0,7130	0,6663	0,6227	0,5820	0,5439	0,5083		
INVERSION INICIAL	Q(45 890 423,74)												
COSTO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA ANUAL	Q (2 590 350,00)	Q (280 380,00)	Q (262 020,00)	Q (251 216,00)	Q (237 015,00)	Q (2270 940,00)	Q (266 520,00)	Q (249 080,00)	Q (244 440,00)	Q (244 755,00)	Q (243 984,00)	Q (2 590 350,00)	
COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR ANUAL	Q (479 549,77)	Q (54 294,00)	Q (52 811,88)	Q (51 193,76)	Q (49 823,93)	Q (48 532,56)	Q (47 070,96)	Q (45 842,86)	Q (44 775,24)	Q (43 185,21)	Q (42 021,36)	Q 479 549,77	
BENEFICIO (Costo de Relación de alternativa uno)	Q 2 204 363,20	Q 112 152,00	Q 174 690,00	Q 254 685,60	Q 381 450,00	Q 499 640,00	Q 617 907,60	Q 724 172,00	Q 832 800,00	Q 945 676,00	Q 1 058 363,20	Q 2 204 363,20	
BENEFICIO DE OPERACIÓN VEHICULAR EN (Condiciones de Terracería)	Q 889 500,46	Q 100 712,22	Q 97 970,15	Q 94 960,51	Q 92 430,83	Q 90 026,80	Q 87 322,41	Q 85 040,89	Q 82 994,31	Q 80 097,22	Q 77 943,13	Q 889 500,46	
BENEFICIO (Diferencia del Costo de operación vehicular de alternativa uno y dos)	Q 187 541,79	Q 21 236,36	Q 20 662,02	Q 20 023,02	Q 19 495,68	Q 18 986,62	Q 18 417,53	Q 17 934,57	Q 17 467,28	Q 16 886,68	Q 16 433,03	Q 187 541,79	
	Q(45 890 423,74)	Q (100 575,43)	Q (21 519,70)	Q (57 259,36)	Q (176 537,56)	Q (10 818,14)	Q (39 943,42)	Q (32 224,60)	Q (44 046,34)	Q (265 921,66)	Q (91 629,20)	Q 3 069 899,77	Q 3 281 405,45

VAN=INVERSION - COSTOS (Factor de valor presente)+BENEFICIOS(Factor de Valor Presente)

VAN = -Q.45.890.423,74-Q.3.069.899+Q.3.047.304,88 =

VAN= Q (45 866 459,85)

B/C=  $\frac{Q 3 281 405,45}{Q (46 869 973,57)} = 0,07$

Fuente: elaboración propia.

### **4.3. Análisis de razonabilidad**

La conservación permanente de las redes existentes solucionan los diferentes sistemas viales (caminos rurales, rutas provinciales, caminos turísticos y otros). Tomando como requerimiento los análisis de resultados para su efectividad.

#### **4.3.1. Análisis de resultados**

El análisis fue realizado con base en la comparación de los costos y beneficios obtenidos en las dos alternativas en proyección del tiempo de la vida útil del proyecto y porcentajes de beneficios que la población ha tenido en esa área, por lo cual se detallan en el análisis cuantitativo y no cuantitativo. Se realizará un análisis de razonabilidad.

#### **4.3.2. Cuantitativos**

Los resultados obtenidos en la alternativa uno y dos, no son favorables en cuanto al cálculo de valor presente neto y la relación B/C. Este implica que el proyecto no es aconsejable realizarlo debido a que los beneficios efectivos son menores a los costos, pero los beneficios sociales son mayores por lo cual es un proyecto que genera producción y es viable ejecutarlo.

Se define que la alternativa a tomar es la número dos, porque es la que nos ofrece mayor tiempo de vida útil de la carretera, genera producción, tiempo en la transitabilidad, ahorro en combustible y otros, (ver tabla XVIII).

### **4.3.3. No cuantificante**

El beneficio directo es a 300 000 habitantes en la ruta y por sus conexiones el impacto económico social se estima que refleja a medio millón de personas, mejorando el acceso a servicios de salud, educación y otros servicios públicos así como a los mercados e insumos para el intercambio de los productos agrícolas, todo ello en beneficio de mejorar su actividad económica y evidentemente sus ingresos en una línea directa a mejorar su calidad de vida.

La infraestructura como un factor de desarrollo económico de primer orden, en suficiente y buenas condiciones contribuye de forma significativa al desarrollo económico, multiplicando el rendimiento de las inversiones, la competitividad y la riqueza de la nación.

- La infraestructura es importante por varias razones
  - Reduce costo: por ejemplo, una buena red vial hace que los costos del transporte bajen, además de economizar tiempo. Esto también es aplicable a las telecomunicaciones, ya que, gracias a un buen sistema, se logra una mejor transferencia de información.
  - Pone en comunicación con más facilidad la oferta y la demanda: por lo tanto, amplía los mercados fomentando la competencia, que se traduce en más creatividad, bajos precios y mejores productos.
  - Mejora directamente el nivel y calidad de vida: por ejemplo, viajes más seguros y confortables, mejores comunicaciones y más rápidas, reducción de enfermedades y otros.



## CONCLUSIONES

1. Las lluvias se infiltran por la superficie del terreno produciendo una saturación que reduce su resistencia al esfuerzo cortante y genera asentamientos, fuerzas de filtración que amenazan su estabilidad, las aguas infiltradas tienden a brotar en los cortes de las carreteras o en las coronas de las mismas, amenazando la estabilidad de los cortes y el buen comportamiento de los pavimentos que cubren las coronas.
2. Para realizar un adecuado sistema de subdrenaje se requiere obtener buena información sobre la disposición y naturaleza de los materiales involucrados.
3. El subdrenaje implementado permite reducir los efectos desfavorables del agua interna sobre la estabilidad de la carretera, en el cual el agua interna tiene normalmente dos orígenes, interior y exterior, fuentes de aguas aisladas o repartidas que no solamente dificultan la realización de las obras nuevas, sino que también comprometen la estabilidad de las carreteras posteriormente a su construcción.
4. Los indicadores económicos valor actual neto y beneficio-costos definen que la alternativa a usar en la construcción del tramo carretero descrito es la número dos, en la cual el valor actual neto no cumple con la regla, pero como es un beneficio para la población si es aconsejable, por el cual el beneficio-costos de la alternativa dos es mayor que el de la alternativa uno, entonces el proyecto es viable ejecutarlo.



## RECOMENDACIONES

1. Construir una carretera con obra de protección subdrenaje, la cual reducirá los costos de mantenimiento, reparación y aumentará la vida útil del pavimento.
2. La construcción de subdrenajes de tipo “B”, los cuales técnicamente son más efectivos, por la captación y la conducción de los fluidos.
3. Comparar la inversión en la construcción de una carretera por medio de los indicadores económicos beneficio-costos y análisis de razonabilidad.





## BIBLIOGRAFÍA

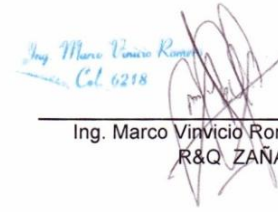
1. American Association of State Highways and Transportation Officials. 16a ed. Estados Unidos: AASHTO. 1996. p. 622.
2. Building Code Requeirements for Structural Concrete. Michigan: American Concrete Institute, ACI 318-95, 1995. p. 390
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. 4a ed. Mexico: Limusa, 1999. p. 640.
4. Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para la construcción de carreteras y puentes* (Libro Azul). Guatemala: DGC, 1975. p. 708.
5. GILES B., Ronald V. *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. 3a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1969. p. 420.
6. HERNÁNDEZ, Roberto; COLLADO, Carlos. BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill. 1997. p. 304.



# ANEXOS

 <b>FCC CONSTRUCCION S.A.</b> CONSTRUCCION, S.A. <b>ANALISIS GRANULOMETRICO.</b>					
PROYECTO: <u>RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.</u>					
MATERIAL: <u>SUB-RASANTE EXISTENTE.</u>					
SUPERVISORA: <u>R&amp;Q ZAÑARTU</u>			FECHA: <u>24/03/2006</u>		
ESTACION: <u>68+860 L.C.</u>			HOJA No. <u>CALICATA No.1</u>		
CAPA DE: <u>SUB-RASANTE EXISTENTE</u>					
TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"				100.0	
3/4"	306.7	81.0	5.7	94.3	
3/8"	485.3	259.6	18.2	81.8	81.8
No. 4	143.7	16.0	0.2	99.8	81.6
No. 10	181.4	38.3	10.4	89.6	73.3
No. 40	264.1	121.0	32.7	67.3	55.0
No. 100	317.5	174.4	47.1	52.9	43.2
No. 200	342.2	199.1	53.8	46.2	37.8
<b>GRANULOMETRIA GRUESA</b>			<b>GRANULOMETRIA FINA.</b>		
P.B.S.	1648.7		P.B.S.	513.0	
TARA.	225.7		TARA.	143.0	
P.N.S.	1423.0		P.N.S.	369.9	

  
 Ing. Jairo Roldán de Paz  
 Control de calidad

  
 Ing. Marco Vinicio Romero  
 R&Q ZAÑARTU

**JAIRO ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 1**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

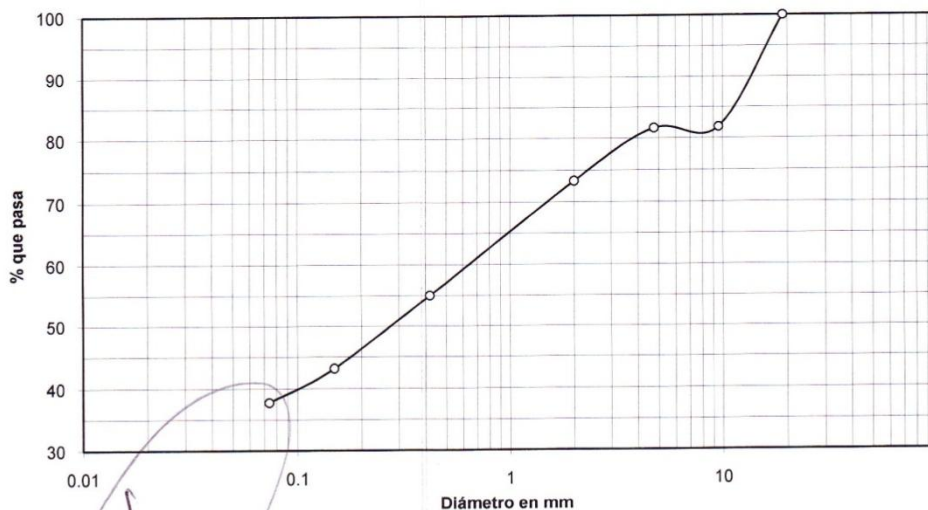
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 24 de marzo de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	81.80
4	4.76	81.60
10	2	73.30
40	0.42	55.00
100	0.149	43.20
200	0.074	37.80

% de Grava: 18.40  
 % de Arena: 43.80  
 % de Finos: 37.80



Atentamente,

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218

Ing. Jairo Roldán de Paz  
 Control de calidad

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZANARTU

JAIRON ROLDÁN DE PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846





# FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

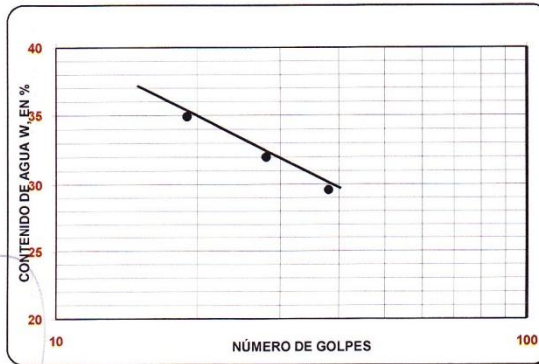
OBRA: RN-12 TRAMO TACANA - TECTITAN FECHA DE MUESTREO: 24/03/2006  
 UBICACIÓN: 68+860 L.C. FECHA DE PRUEBA: 24/03/2006  
 CONSTRUCTORA: FCC CONSTRUCCION S.A. MUESTRA No.: CALICATA No. 1  
 PROCEDENCIA: \_\_\_\_\_

LÍMITE LIQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
C-17	10.90	27.90	23.50	4.40	12.60	34.90	19
E-8	11.10	28.00	23.90	4.10	12.80	32.00	28
D-3	11.20	25.70	22.30	3.31	11.19	29.60	38

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
E-16	11.20	15.70	14.48	0.72	3.78	19.00	
D-15	10.80	15.60	14.79	0.81	3.99	20.00	19.5

VALORES OBTENIDOS, %  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 33.00  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 19.50  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 13.50

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD Ing. Jairo Roldán de Paz	FECHA DE EMISIÓN <u>24/03/2006</u> Vo. Bo. SUPERVISORA Ing. Marco Vinicio Romero Chijolan	FOLIO CONSECUTIVO No.
--	---	--	-----------------------

Fuente: datos tomados de laboratorio de construcción FCC y supervisora R & Q ZAÑARTU

**JAIRO ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846

*Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180, T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 27/03/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN

ESTACIONAMIENTO: 68+860 L.C.

PARA USARSE COMO

MUESTRA TOMADA DE SUB-RASANTE EXISTENTE.

CALICATA No. 1

P.U.S. MAXIMO: 65,9 Lb/P<sup>3</sup>  
1057 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 21,5

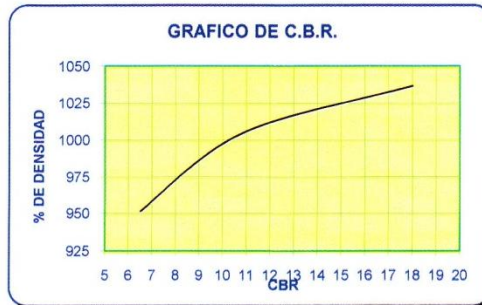


CBR AL 95 % DE COMPACTACION


10.8

% DE HINCHAMIENTO


0.7



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA DE LA SUB-RASANTE EXISTENTE.

  
Ing. Jairo Roldan de Paz  
Control de Calidad

JAIRO ROLDAN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO NO. 10.846

  
Ing. Marco Vinicio Romero  
Col. 6218  
R&Q ZAÑARTU

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU



# FCC CONSTRUCCION S.A.

CONSTRUCCION, S.A.

## ANALISIS GRANULOMETRICO. GRADUACIONES ASSHTO.

PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.

MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENTE.

SUPERVISORA: R&Q ZAÑARTU

FECHA: 29/03/2006

ESTACION: 69+340 L.D.

HOJA No. CALICATA No.2

CAPA DE: SUB-RASANTE EXISTENTE


TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"				100.0	
3/8:	612.2	386.5	21.6	78.4	78.4
No. 4	188.9	45.9	7.8	92.2	72.2
No. 10	258.8	115.8	19.8	80.2	62.9
No. 40	342.2	199.2	34.0	66.0	51.7
No. 100	380.1	237.1	40.5	59.5	46.7
No. 200	401.1	258.1	44.1	55.9	43.8


### GRANULOMETRIA GRUESA

P.B.S. 2013.8  
TARA. 225.7  
P.N.S. 1788.1

### GRANULOMETRIA FINA.

P.B.S. 728.8  
TARA. 143.0  
P.N.S. 585.8

  
Ing. Jairo Roldán de Paz  
Control de calidad

  
Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZAÑARTU

JAIRO ROLDÁN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 10.846

Fuente: datos tomados de Laboratorio de la Construcción FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 2**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

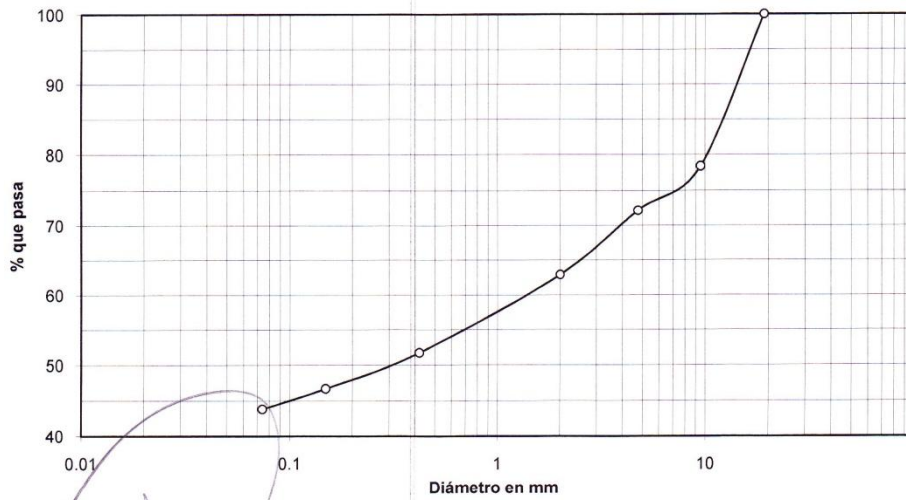
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 29 de marzo de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	78.40
4	4.76	72.20
10	2	62.90
40	0.42	51.70
100	0.149	46.70
200	0.074	43.80

% de Grava: 27.80  
 % de Arena: 28.40  
 % de Finos: 43.80



Atentamente,

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218

Ing. Jairon Roldan de Paz  
 Control de calidad

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU

JAIRON ROLDÁN DE PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846



## FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

OBRA: RN-12 TRAMO TACANA - TECTITAN FECHA DE MUESTREO: 30 de Marzo de 2006  
 UBICACIÓN: 69+340 L.D. FECHA DE PRUEBA: 30 de Marzo de 2006  
 CONSTRUCTORA: FCC CONSTRUCCION S.A. MUESTRA No.: CALICATA No. 2  
 PROCEDENCIA: \_\_\_\_\_

LÍMITE LIQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
N.L.L							
LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO 2 CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
N.L.P							

VALORES OBTENIDOS, %  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = N.L.L  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = N.L.P  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 0.00

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN <b>30/03/2006</b> Vo.Bo. SUPERVISORA	FOLIO CONSECUTIVO No.
--	---	---	-----------------------

**JAIRO ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIO NO. 10.316

Ing. Marco Vinicio Romero  
 Col. 6218

Fuente: datos tomados de laboratorio de la Constructora FCC y Supervisora R & Q ZARIARTU



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180, T193

PROYECTO: RN-12 FECHA: 05/04/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN

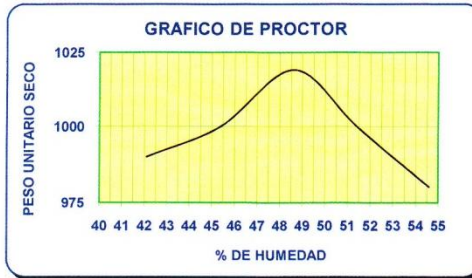
ESTACIONAMIENTO: 69+340 L.D.

PARA USARSE COMO: MUESTRA TOMADA DE SUB-RASANTE EXISTENTE.

CALICATA No 2

P.U.S. MAXIMO: 63,6 Lb/P<sup>3</sup>  
1019 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 48,6

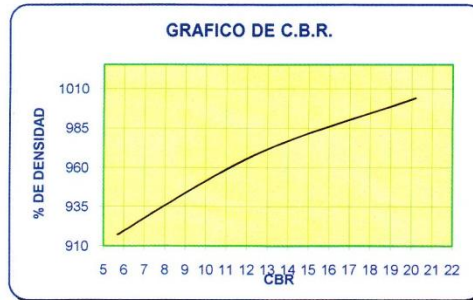


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

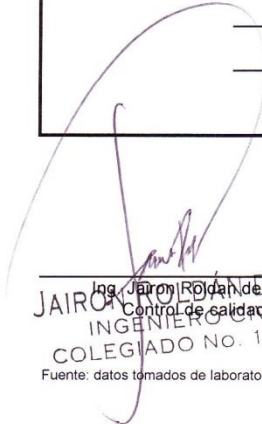
12.4

% DE HINCHAMIENTO

0.6



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA DE LA SUB-RASANTE EXISTENTE.

  
Ing. Jairo Rojas de Paz  
INGENIERO EN CONTROL DE CALIDAD  
COLEGIADO No. 10.846

  
Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZANARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU



CONSTRUCCION, S.A.

**FCC CONSTRUCCION****ANALISIS GRANULOMETRICO.  
GRADUACIONES ASSHTO.**PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENTE.SUPERVISORA: R & Q ZAÑARTU.FECHA: 01/04/2006ESTACION: 69+840 L.I (1+500)HOJA No. CALICATA No. 3CAPA DE: SUB-RASANTE EXISTENTE.

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"				100.0	
1"	277	47.0	2.8	97.2	
3/4"	350	120.0	7.0	93.0	
3/8"	518.0	280.0	16.9	83.1	83.1
No. 4	205.8	62.8	4.5	95.5	79.4
No. 10	383.2	240.2	17.1	82.9	68.9
No. 40	555.5	412.5	29.3	70.7	58.8
No. 100	796.1	653.1	46.4	53.6	44.6
No. 200	894.4	751.4	53.3	46.7	38.8

**GRANULOMETRIA GRUESA**P.B.S. 1937TARA. 230P.N.S. 1707**GRANULOMETRIA FINA.**P.B.S. 1551.7TARA. 143.0P.N.S. 1408.7Ing. Jairon Roldán de Paz  
Control de calidad**JAIRON ROLDÁN DE PAZ**  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 10.846Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R &amp; Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 3**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

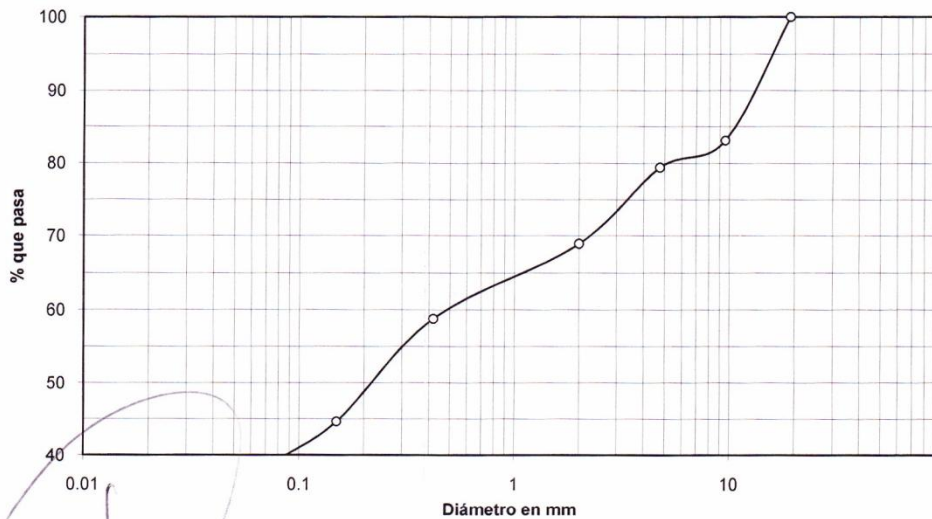
Fecha: 1 de Abril de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	83.10
4	4.76	79.40
10	2	68.90
40	0.42	58.80
100	0.149	44.60
200	0.074	38.80

% de Grava: 20.60

% de Arena: 40.60

% de Finos: 38.80



Atentamente,

Ing. Jairoñ Roldan de Paz  
Control de calidad

JAIROÑ ROLDÁN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO NO. 10,846

Ing. Marco Vinicio Romero  
Col 6218

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZANARTU





## FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

OBRA:	RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.	FECHA DE MUESTREO:	04/04/2006
UBICACIÓN:	69+840 L.I (1+500)	FECHA DE PRUEBA:	04/04/2006
CONSTRUCTORA:	FCC CONSTRUCCION S.A.	MUESTRA No.:	CALICATA 3
PROCEDENCIA:	_____		

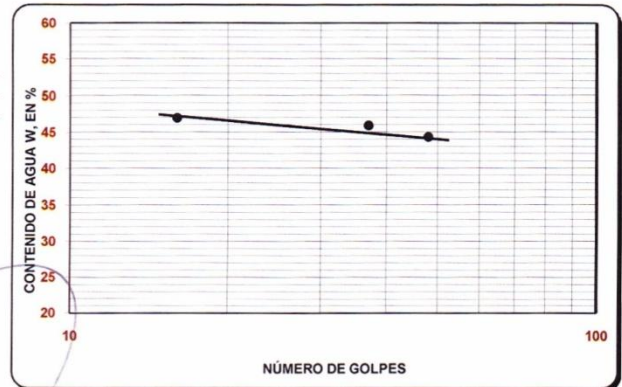
LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
11	11.21	25.42	20.88	4.54	9.67	46.94	16
12	11.08	27.20	22.22	4.98	11.14	45.86	37
13	10.91	26.58	21.77	4.81	10.86	44.29	48

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
14	10.82	15.72	14.57	1.15	3.75	30.67	
15	11.23	15.83	14.75	1.08	3.52	30.68	30.68

**VALORES OBTENIDOS, %**  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 46.00  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 30.68  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 15.32

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN <b>04/04/2006</b> Vo.Bo. SUPERVISORA	FOLIO CONSECUTIVO No.
	Ing. Jairo Roldan de Paz	Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan	

INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 10.846

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

*Marco Vinicio Romero*  
Col. 6218



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180,T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 06/04/2006.

TRAMO: TACANA-TECTITAN

ESTACIONAMIENTO: 69+840 L.I (1+500)

PARA USARSE COMO  
CALICATA 3

MUESTRA TOMADA DE SUB-RASANTE EXISTENTE.

P.U.S. MAXIMO: 110.5 Lb/P<sup>3</sup>  
1770 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 17.6

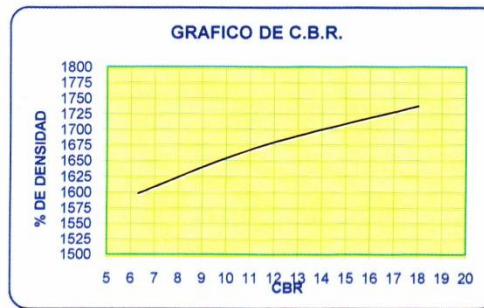


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

11.4

% DE HINCHAMIENTO

1.1



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA DE LA SUB-RASANTE EXISTENTE.

JAIRO ROLDAN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
Colegiado No. 46  
Control de calidad

Ing. Marco Vinicio Romero  
C.O. 6218  
Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZANARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisor R & Q ZANARTU



CONSTRUCCION, S.A.

## FCC CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO.  
GRADUACIONES ASSHTO.

PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.

MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENTE.

SUPERVISORA: R & Q ZAÑARTU.

FECHA: 05/04/2006

ESTACION: 70+340 L.C. (2+000)

HOJA No. CALICATA No. 4

CAPA DE: SUB-RASANTE EXISTENTE.

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8:				100.0	
No. 4	234.0	2.6	0.4	99.6	
No. 10	245.1	18.7	2.6	97.4	
No. 40	295.0	75.0	11.4	88.6	
No. 100	333.0	113.0	17.2	82.8	
No. 200	350.0	130.0	19.8	80.2	

### GRANULOMETRIA GRUESA

P.B.S. 878

TARA. 220

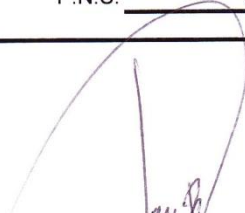
P.N.S. 658

### GRANULOMETRIA FINA.


P.B.S. \_\_\_\_\_

TARA. \_\_\_\_\_

P.N.S. \_\_\_\_\_

  
Ing. Jairom Roldán de Paz  
Control de calidad

JAIROM ROLDÁN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 10.846

  
Ing. Marco Virvicio Romero Chojolan  
R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 4**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

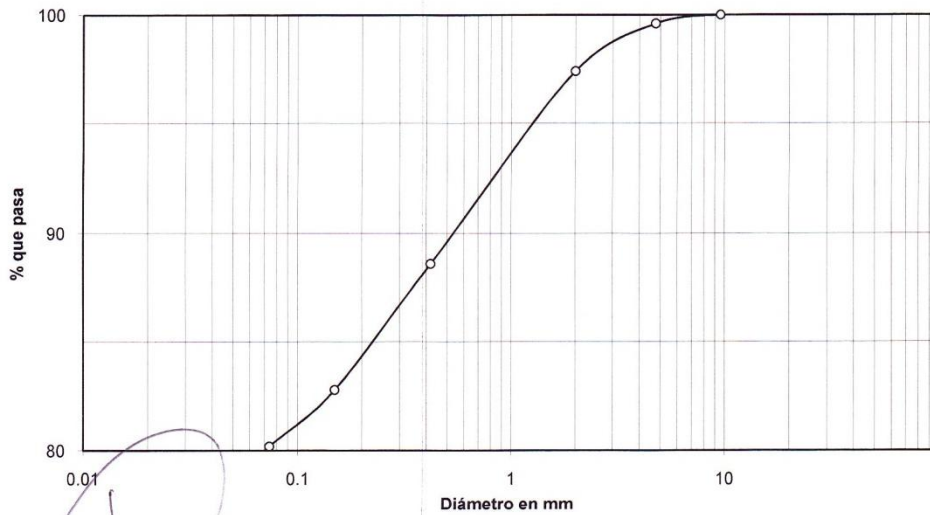
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 5 de Abril de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	
3/8"	9.52	100.00
4	4.76	99.60
10	2	97.40
40	0.42	88.60
100	0.149	82.80
200	0.074	80.20

% de Grava: 0.40  
 % de Arena: 19.40  
 % de Finos: 80.20



Atentamente,

Ing. Jairon Roldan de Paz  
 Control de calidad

INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO No. 10.846

Ing. Marco Viricio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU



## FCC CONSTRUCCION S.A.

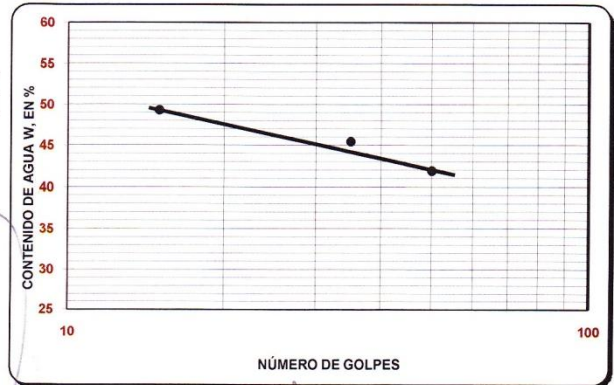
**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

OBRA:	RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.	FECHA DE MUESTREO:	6 de Abril de 2006
UBICACIÓN:	70+340 L.C (2+000)	FECHA DE PRUEBA:	6 de Abril de 2006
CONSTRUCTORA:	FCC CONSTRUCCION S.A.	MUESTRA No.:	CALICATA 4
PROCEDENCIA:	_____		

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
1	10.80	30.70	24.13	6.57	13.33	49.29	15
2	10.78	33.18	26.18	7.00	15.40	45.45	35
3	10.87	33.65	26.92	6.73	16.05	41.93	50
LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
4	10.92	14.82	13.71	1.11	2.79	39.78	
5	10.88	14.09	13.17	0.92	2.29	40.17	39.98

**VALORES OBTENIDOS, %**  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 45.80  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 39.98  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 5.82

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR: <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN: 06/04/2006 Vo. B6 SUPERVISORA Ing. Marco Vinicio Romero Col. 6218	FOLIO CONSECUTIVO No.
<b>JAIRON ROLDAN DE PAZ</b> INGENIERO CIVIL COLEGIADO No. 16346		Ing. Jairo Roldan de Paz Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan	

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU





**FCC CONSTRUCCION**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO.**  
**GRADUACIONES ASSHTO.**

PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.

MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENE.

SUPERVISORA: R & Q ZAÑARTU.

FECHA: 08/04/2006

ESTACION: 70+840 L.D (2+500)

HOJA No. CALICATA No. 5

CAPA DE: SUB-RASANTE EXISTENE.

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"				100.0	
1"	294.0	71.0	5.5	94.5	
3/4"	320.0	97.0	7.6	92.4	
3/8"	600.0	377.0	29.4	70.6	70.6
No. 40	184.6	41.6	4.6	95.4	67.4
No. 10	280.3	137.3	15.2	84.8	59.9
No. 40	439.5	296.5	33.0	67.0	47.3
No. 100	578.6	435.6	48.4	51.6	36.4
No. 200	640.2	497.2	55.3	44.7	31.6

**GRANULOMETRIA GRUESA**

P.B.S. 1505.0  
 TARA. 223.0  
 P.N.S. 1282.0

**GRANULOMETRIA FINA.**

P.B.S. 1042.7  
 TARA. 143.0  
 P.N.S. 899.7

Ing. Jairo Roldán de Paz  
 Control de calidad

JAIRO ROLDÁN DE PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 5**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

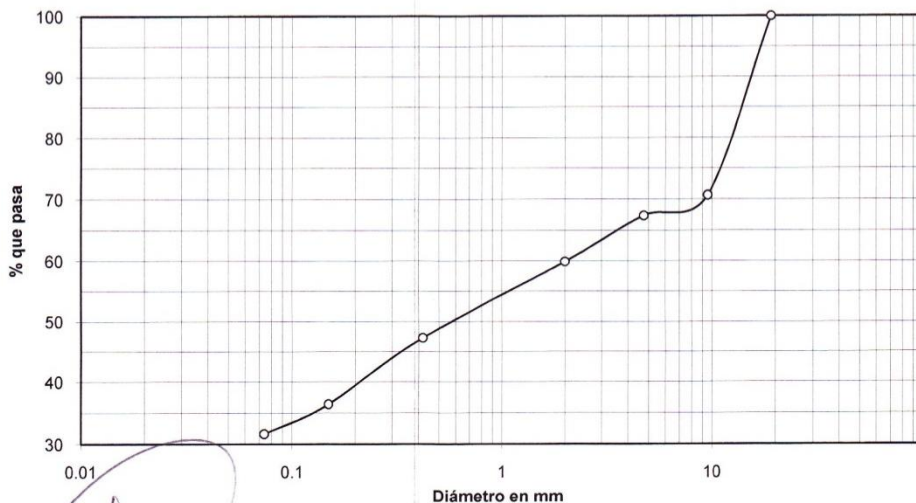
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

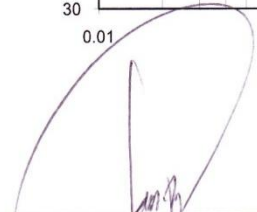
Fecha: 8 de Abril de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	70.60
4	4.76	67.40
10	2	59.90
40	0.42	47.30
100	0.149	36.40
200	0.074	31.60

% de Grava: 32.60  
 % de Arena: 35.80  
 % de Finos: 31.60



Atentamente,

  
 Ing. Jairón Roldán de Paz  
 Control de calidad

  
 Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZANARTU

JAIRÓN ROLDÁN DE PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10,846



**Título: PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL**

OBRA: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN. FECHA DE MUESTREO: 10 de Abril de 2006  
 UBICACIÓN: 70+840 L.D (2+500) FECHA DE PRUEBA: 10 de Abril de 2006  
 CONSTRUCTORA: FCC CONSTRUCCION S.A. MUESTRA No.: CALICATA 5  
 PROCEDENCIA: \_\_\_\_\_

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
11	11.21	27.76	22.46	5.30	11.25	47.11	14
12	11.08	27.12	22.13	4.99	11.05	45.16	33
13	10.91	26.41	21.68	4.73	10.77	43.92	45
LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
14	10.82	15.00	14.07	0.93	3.25	28.62	
15	11.23	15.51	14.56	0.95	3.33	28.53	28.58

VALORES OBTENIDOS, %  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 45.50  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 28.58  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 16.92

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN <u>10/04/2006</u> Vo.Bo. SUPERVISORA	FOLIO CONSECUTIVO No.
	Ing. Jairo Roldán de Paz	Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan	

**JAIRO ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.O.P.C. No. 10.846

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180,T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 12/04/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN.

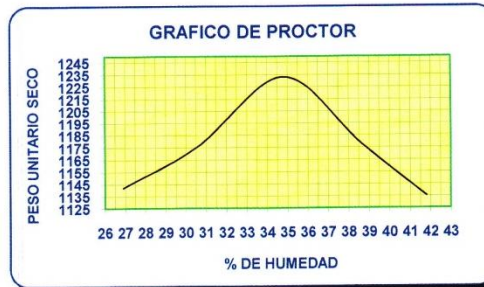
ESTACIONAMIENTO: 70+840 L.D (2+500)

PARA USARSE COMO MUESTRA TOMADA EN SUB-RASANTE EXISTENTE.

CALICATA 5

P.U.S. MAXIMO: 77.0 Lb/P<sup>3</sup>  
1233 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 34.8

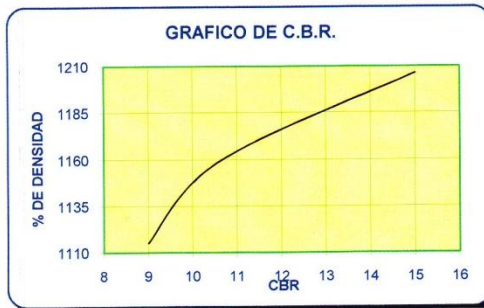


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

**11.2**

% DE HINCHAMIENTO

**0.9**



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA DE LA SUB-RASANTE EXISTENTE.

*Jairon Roldan de Paz*  
JAI RON ROLDAN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
Control de calidad 0.846  
COLEGIADO

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
Cat. 6218  
Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R & Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU



CONSTRUCCION, S.A.

# FCC CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO.  
GRADUACIONES ASSHTO.

PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.

MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENTE.

SUPERVISORA: \_\_\_\_\_

FECHA: 20/03/2006

ESTACION: 71+840 L.I (3+500)

HOJA No. CALICATA No. 6

CAPA DE: \_\_\_\_\_

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8:				100.0	
No. 4	150.7	7.8	0.9	99.1	
No. 10	205.5	62.6	7.7	92.3	
No. 40	375.0	232.7	28.6	71.4	
No. 100	434.6	291.7	36.0	64.0	
No. 200	460.8	317.9	39.2	60.8	

### GRANULOMETRIA GRUESA

P.B.S. \_\_\_\_\_  
TARA. \_\_\_\_\_  
P.N.S. \_\_\_\_\_

### GRANULOMETRIA FINA.

P.B.S. 953.4  
TARA. 142.9  
P.N.S. 810.5

Ing. Jairo Roldán de Paz  
Control de calidad

JAIRO ROLDÁN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 10,846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la construcción FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 6**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

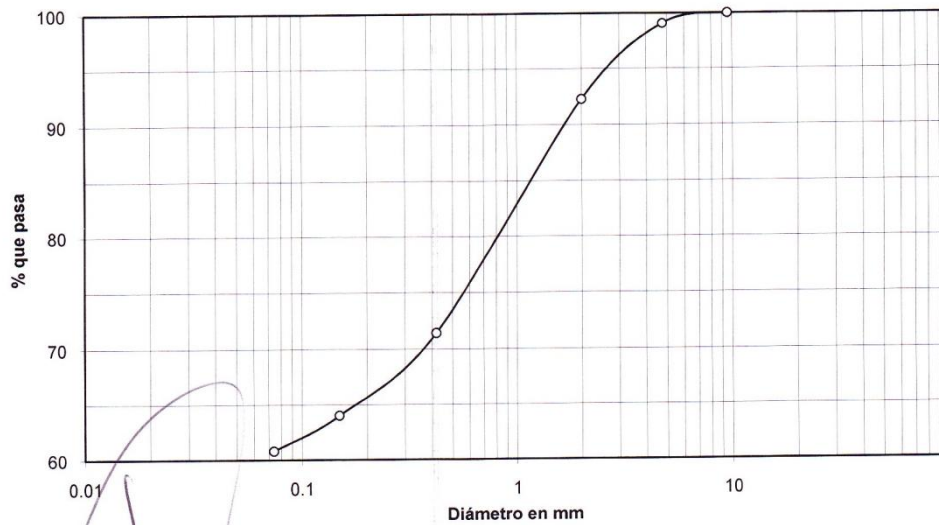
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 20 de marzo de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/8"	9.52	100.00
4	4.76	99.10
10	2	92.30
40	0.42	71.40
100	0.149	64.00
200	0.074	60.80

% de Grava: 0.90  
 % de Arena: 38.30  
 % de Finos: 60.80



Atentamente,

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218

Ing. Jairon Roldan de Paz  
 Control de Calidad  
**JAIRON ROLDAN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO No. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU



## FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

OBRA:	<u>RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.</u>	FECHA DE MUESTREO:	<u>23 de Marzo de 2006</u>
UBICACIÓN:	<u>71+860 L.I. (3+500)</u>		<u>23 de Marzo de 2006</u>
CONSTRUCTORA:	<u>FCC CONSTRUCCION S.A.</u>	MUESTRA No.:	<u>CALICATA 6</u>
PROCEDENCIA:			

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
21	11.10	25.90	20.90	5.00	9.80	51.02	10
22	10.80	27.00	2.50	4.50	11.70	38.46	22
23	11.30	26.80	23.60	3.20	12.30	26.02	33
LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
24	10.80	14.80	13.90	0.9	3.1	29.03	
25	10.80	14.30	13.50	0.8	2.7	29.63	29.33

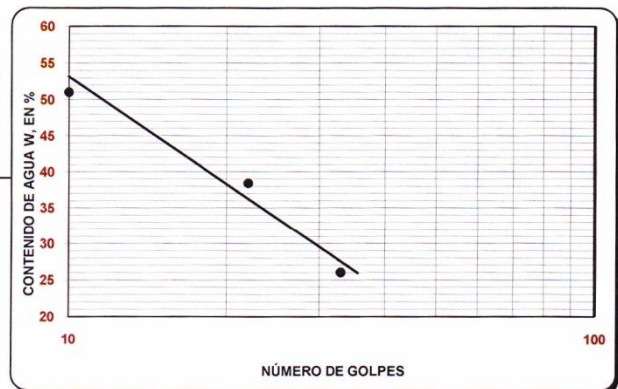
**VALORES OBTENIDOS, %**

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 40.00

LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 29.33

ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 10.67

CLASIFICACION: \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> ELABORÓ  Ing. Jairon Roldan de Paz	FECHA DE EMISIÓN <b>23/03/2006</b> V.O. SUPERVISORA  Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan	FOLIO CONSECUTIVO No.
--	---	---	-----------------------

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU *Col. 6218*



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180,T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 28/03/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN..

ESTACIONAMIENTO: 71+840 L.I.- (3+500)

PARA USARSE COMO  
CALICATA 6

MUESTRA TOMADA DE SUB-RASANTE EXISTENTE.

P.U.S. MAXIMO: 103,5 Lb/P<sup>3</sup>  
1658 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 20,3

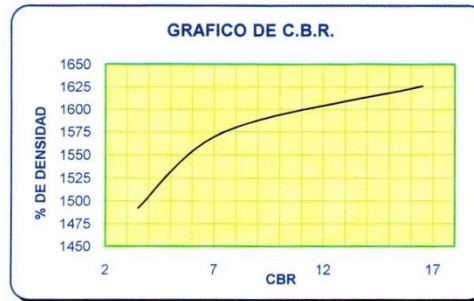


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

7.5

% DE HINCHAMIENTO

1.02



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA BANCO SUB-RASANTE..

JAIRO ROLDAN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
Ing. Jairo Roldan de Paz  
Control de calidad  
C.O.C.E. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero  
Col. 6218  
Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZANARTU

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisor R & Q ZANARTU



**FCC CONSTRUCCION**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO.**  
**GRADUACIONES ASSHTO.**

PROYECTO: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.

MATERIAL: SUB-RASANTE EXISTENTE.

SUPERVISORA: \_\_\_\_\_

FECHA: 20/03/2006

ESTACION: 72+340 L.D (4+000)

HOJA No. CALICATA No. 7

CAPA DE: \_\_\_\_\_

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"				100.0	
3/4"	270.0	33.0	2.0	98.0	
3/8"	551.0	314.0	18.8	81.2	81.2
No. 4	230.0	3.6	5.0	99.5	80.7
No. 10	245.1	18.7	2.6	97.4	79.1
No. 40	386.7	160.3	22.6	77.4	62.8
No. 100	520.0	293.6	41.4	58.6	47.6
No. 200	572.9	346.5	48.8	51.2	41.6

**GRANULOMETRIA GRUESA**

P.B.S. 1910  
 TARA. 237  
 P.N.S. 1673

**GRANULOMETRIA FINA.**

P.B.S. \_\_\_\_\_  
 TARA. \_\_\_\_\_  
 P.N.S. \_\_\_\_\_

Ing. Jairon Roldán de Paz  
 Control de calidad,  
**JAIRON ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 REGIADO NO. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZANARTU

Fuente: datos tomados del laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 7**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

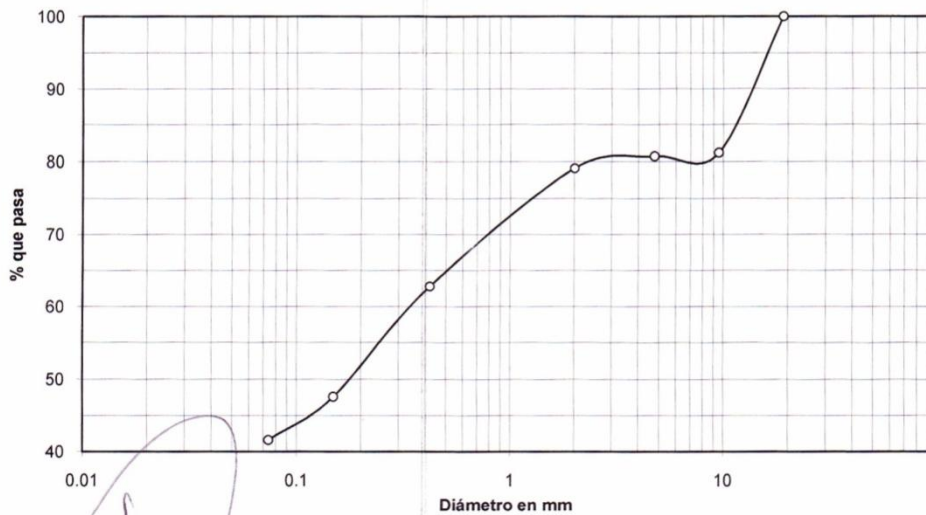
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 20 de marzo de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	81.20
4	4.76	80.70
10	2	79.10
40	0.42	62.80
100	0.149	47.60
200	0.074	41.60

% de Grava: 19.30  
 % de Arena: 39.10  
 % de Finos: 41.60



Atentamente,

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218

Ing. Jairon Roldan de Paz  
 Control de calidad

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU

**JAIRON ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846





## FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

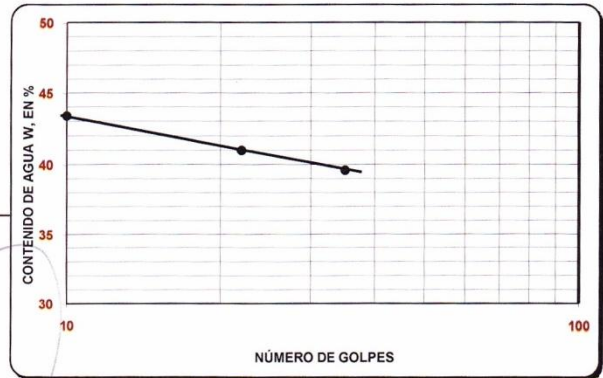
OBRA:	<u>RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.</u>	FECHA DE MUESTREO:	<u>25 de Marzo de 2006</u>
UBICACIÓN:	<u>72+340 L.D (4+000)</u>		<u>25 de Marzo de 2006</u>
CONSTRUCTORA:	<u>FCC CONSTRUCCION S.A.</u>	MUESTRA No.:	<u>CALICATA 7</u>
PROCEDENCIA:			

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
15	11.30	28.80	23.50	5.30	12.20	43.40	10
16	10.80	24.20	20.30	3.90	9.50	41.00	22
17	11.10	26.60	22.20	4.40	11.10	39.60	35

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.
13	10.80	14.31	13.50	0.81	2.7	30.00	
14	10.80	14.30	13.50	0.80	2.7	29.63	29.82

**VALORES OBTENIDOS, %**  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 40.70  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 29.82  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = 10.88

CLASIFICACION : \_\_\_\_\_



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR <b>LABORATORIO CENTRAL</b> CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN <b>25/03/2006</b> Vo.Bo: SUPERVISORA	FOLIO CONSECUTIVO No.
--	---	---	-----------------------

**JAIRO BOLÍVAR DE PAZ**      Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846      Col. 6218

Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU



# FCC CONSTRUCCION S.A.

ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180, T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 29/03/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN.-

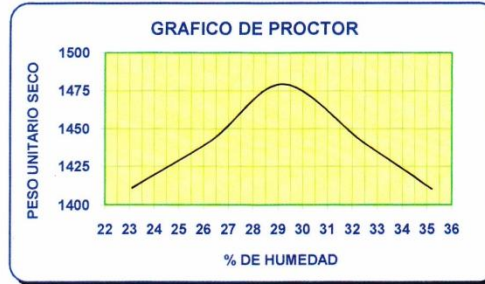
ESTACIONAMIENTO: 72+420 L.D (4+000)

PARA USARSE COMO  
CALICATA 7

MUESTRA TOMADA DE SUB-RASANTE EXISTENTE.

P.U.S. MAXIMO: 92,0 Lb/P<sup>3</sup>  
1479 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 29,2

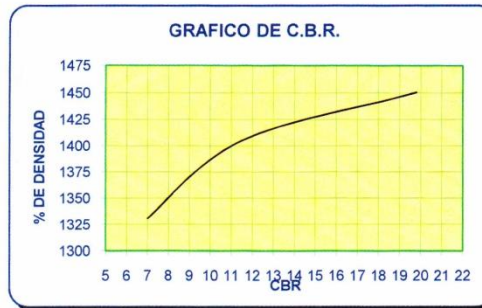


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

**11.5**

% DE HINCHAMIENTO

**0.6**



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA DE LA SUB-RASANTE EXISTENTE.

Ing. Jairón Roldán de Paz  
Control de calidad  
JAIRON ROLDAN DE PAZ  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO NO. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q ZANARTU

Fuente: datos tomados en el laboratorio de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZANARTU



**FCC CONSTRUCCION**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO.**  
**GRADUACIONES ASSHTO.**

PROYECTO: **RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN.**

MATERIAL: **BANCO DE SUB-RASANTE.**

SUPERVISORA: \_\_\_\_\_

FECHA: **11/05/2006**

ESTACION: **7+800**

HOJA No. **CALICATA No. 8**

CAPA DE: \_\_\_\_\_

TAMIZ No.	P.B.R	P.N.R.	% RETENIDO	% PASA	% TOTAL PASA
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"	506.2	280.9	16.1	83.9	
1"	648.0	422.7	24.2	75.8	
3/4"	775.5	550.2	31.5	68.5	
3/8"	1020.5	795.2	45.6	54.4	54.4
No. 4	362.3	136.6	14.4	85.6	46.6
No. 10	523.8	298.1	31.5	68.5	37.3
No. 40	739.9	514.2	54.3	45.7	24.8
No. 100	872.1	646.4	68.2	31.8	17.2
No. 200	936.4	710.7	75.0	25.0	13.5

**GRANULOMETRIA GRUESA**

P.B.S. 1969.8  
 TARA. 225.3  
 P.N.S. 1744.5

**GRANULOMETRIA FINA.**

P.B.S. 1172.7  
 TARA. 225.7  
 P.N.S. 947

Ing. Jairon Roldán de Paz  
 Control de calidad

**JAIRON ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO NO. 10.846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
 R&Q ZAÑARTU

Fuente: datos tomados de la planta de la constructora FCC y Supervisora R & Q ZAÑARTU

**CURVA GRANULOMETRICA**

**CALICATA No. 8**

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

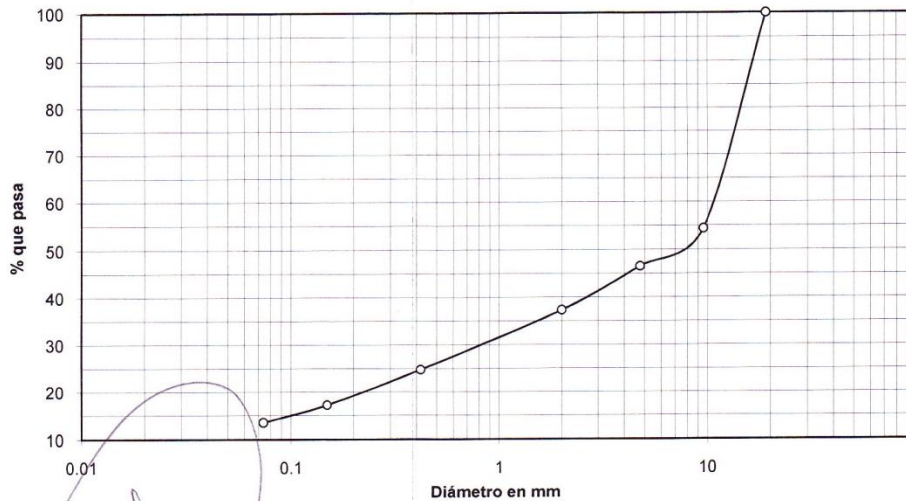
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Procedencia: TACANA-TECTITAN

Fecha: 11 de Mayo de 2006

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19.05	100.00
3/8"	9.52	54.40
4	4.76	46.60
10	2	37.30
40	0.42	24.80
100	0.149	17.20
200	0.074	13.50

% de Grava: 53.40  
 % de Arena: 33.10  
 % de Finos: 13.50



Atentamente,

*Ing. Marco Vinicio Romero*  
 Col. 6218

*Jairon Roldán de Paz*  
 Ing. Jairon Roldán de Paz  
 Control de calidad

*Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan*  
 R&Q ZANARTU

JAIRON ROLDÁN DE PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO No. 10.846



## FCC CONSTRUCCION S.A.

**Título:** PRUEBAS DE LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL

OBRA: RN-12 TRAMO TACANA-TECTITAN. FECHA DE MUESTREO: 15/05/2006  
 UBICACIÓN: 7+800 FECHA DE PRUEBA: 15/05/2006  
 CONSTRUCTORA: FCC CONSTRUCCION S.A. MUESTRA No.: \_\_\_\_\_  
 PROCEDENCIA: BANCO P/RELLENO SUB-RASANTE.

LÍMITE LIQUIDO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA %	NUMERO DE GOLPES
1	10.94	24.76	22.00	2.76	11.06	24.95	8

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	PESO CÁPSULA g	CÁPSULA + SUELO HUMEDO g	CÁPSULA + SUELO SECO g	AGUA g	SUELO SECO g	CONTENIDO DE AGUA, W %	PROM.

**VALORES OBTENIDOS, %**  
 LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 21.73  
 LÍMITE PLÁSTICO L.P. = N.L.P  
 ÍNDICE PLÁSTICO I.P. = N.I.P

CLASIFICACION: A-1b

OBS: SE CALCULO L.L CON TABLA DE VALORES D.N.



REFERENCIAS: AASHTO T-89 AASHTO T-90	LUGAR LABORATORIO CENTRAL CONTROL DE CALIDAD	FECHA DE EMISIÓN 15/05/2006 Vo.Bo. SUPERVISORA	FOLIO CONSECUTIVO No.
--	--	--	-----------------------

**JAIRON ROLDÁN DE PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO N.º 6218  
 Fuente: datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisor R & Q ZANARTU



# FCC CONSTRUCCION S.A.

## ENSAYO DE PROCTOR Y C.B.R.

AASHTO T-180,T193

PROYECTO: RN-12

FECHA: 14/05/2006

TRAMO: TACANA-TECTITAN..

ESTACIONAMIENTO: 7+800 BANCO PARA RELLENO DE CAJUELA.

PARA USARSE COMO RELLENO DE SUB-RASANTE.  
CALICATA 8

P.U.S. MAXIMO: 122.0 Lb/P<sup>3</sup>  
1954 Kg/m<sup>3</sup>

% OPT. HUM.: 13.8

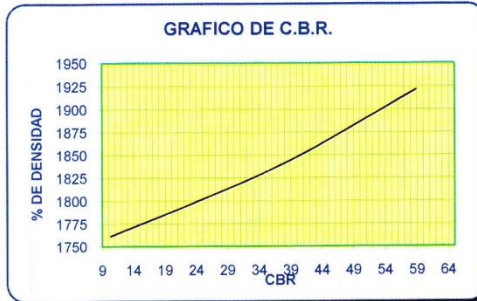


CBR AL 95 % DE COMPACTACION

**39.4**

% DE HINCHAMIENTO

**0.3**



OBSERVACIONES: MUESTRA TOMADA BANCO SUB-RASANTE..

Ing. Jairo Roldan de Paz  
Control de calidad  
**JAIRO ROLDAN DE PAZ**  
INGENIERO CIVIL  
REG. NO. 10846

Ing. Marco Vinicio Romero Chojolan  
R&Q/ZANARTU

Fuente: Datos tomados de laboratorio de la constructora FCC y Supervisor R & Q ZANARTU