



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

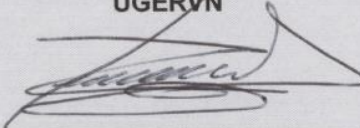
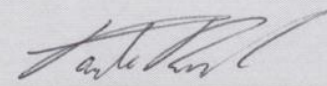
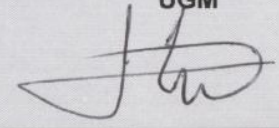
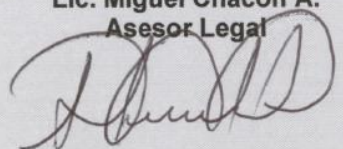
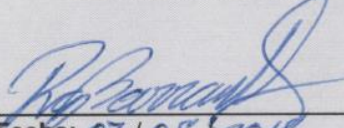

## **INFORME DE FISCALIZACIÓN**

LM-PI-UGERVN-015-2018

**RUTA NACIONAL No. 606**  
**Sección Guacimal – Santa Elena**

San José, Costa Rica

Agosto, 2018

<b>1. Informe</b> LM-PI-UGERVN-015-18		<b>2. Copia No.</b> 8
<b>3. Título</b> INFORME DE FISCALIZACIÓN RUTA NACIONAL No. 606, Sección Guacimal – Santa Elena		<b>4. Fecha</b> Agosto, 2018
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> El mejoramiento de la Ruta Nacional 606 en la Sección Guacimal-Santa Elena, inició su historia reciente con la ejecución de la Licitación Pública No.2011LN-0029-0DI00 “Mejoramiento del Sistema de Drenaje y de la Superficie de Ruedo de la Ruta Nacional No.606 Sección Guacimal-Santa Elena”. Esta contratación se ejecutó entre 2013 y 2015, durante la cual se realizaron actividades de excavación para la ampliación de la plataforma del camino, mejoramiento de los cabezales y pasos de alcantarilla, colocación de una capa de subbase granular de 20 cm de espesor, entre otras. Posteriormente, se detuvieron las obras en el camino hasta la publicación de la Contratación Directa Concursada “Mejoramiento de la Ruta Nacional No.606 Sección Guacimal-Santa Elena”, la cual incluye actividades de diseño, excavación y estabilización del kilómetro 13, así como de otros zonas inestables, muros de gaviones, reposición de material erosionado de subbase granular, base estabilizada con cemento, mezcla asfáltica en caliente como superficie de ruedo, barreras guardacamino, señalamiento horizontal y vertical, entre otras. Las obras correspondientes a esta contratación se encuentran en ejecución desde 2017 hasta la fecha. Hasta el momento se han realizado actividades de excavación y estabilización en el km 13, así como la colocación de 2 km de subbase granular y 1 km de base estabilizada con cemento (a julio 2018). Se indica por parte de la Administración, que las actividades de colocación de subbase granular y base estabilizada con cemento no han sido aceptadas y pagadas hasta el momento, sin embargo los funcionarios del LanammeUCR observaron durante la última gira de fiscalización que el avance de obra continúa en el sitio. De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos realizados por el LanammeUCR, a las muestras de material granular del Proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No.606, Sección: Guacimal – Santa Elena”, este material no cumple con las especificaciones mínimas establecidas en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 para la construcción de las capas de sub base y base estabilizada, por lo tanto, según la normativa aplicable este material no es mecánicamente competente para la construcción de carreteras en Costa Rica.		
<b>10. Palabras clave</b> Infraestructura, normativa técnica, material granular, fiscalización	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Alto	<b>12. Núm. de páginas</b> 40
<b>13. Diseño y elaboración:</b>		
<b>Ing. Ronald Naranjo U.</b> UGERVN 	<b>Geól. Paulo Ruiz C., Ph.D.</b> UGERVN 	<b>Ing. Alonso Ulate Castillo</b> UGM 
Fecha: 6 / 8 / 2018	Fecha: 6 / 5 / 18	Fecha: 6 / 8 / 2018
<b>14. Revisión Legal:</b> <b>Lic. Miguel Chacón A.</b> Asesor Legal 	<b>15. Diseño y revisión técnica:</b> <b>Ing. Roy Barrantes J.</b> Coordinador UGERVN 	<b>15. Aprobado por:</b> <b>Ing. Guillermo Loría S., Ph.D.</b> Coordinador General PITRA 
Fecha: 7 / 8 / 2018	Fecha: 07 / 08 / 2018	Fecha: 6 / 8 / 2018



## TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES .....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	6
2.1 ANTECEDENTES .....	6
2.2 UBICACIÓN.....	9
2.3 OBJETIVO GENERAL.....	10
2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
3. NORMATIVA TÉCNICA UTILIZADA.....	11
4. ACTIVIDADES DE FISCALIZACIÓN .....	12
4.1 GIRA AL PROYECTO RUTA No.606 .....	12
4.1.2 MUESTREO DE MATERIAL EN EL QUEBRADOR .....	13
4.1.3 SOBRE ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.....	14
4.1.3.1 SEGREGACIÓN DE MATERIALES DURANTE LA COLOCACIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA.....	14
4.2 GIRA AL PROYECTO RUTA No.606 .....	15
4.2.1 SOBRE LA CONDICIÓN DE LOS MATERIALES COLOCADOS.....	15
4.2.1.1 CONTAMINACIÓN DE MATERIAL DE SUB BASE.....	15
4.2.1.3 EROSIÓN EN CUNETAS EN TIERRA .....	17
4.2.1.4 PLANTEL DE PRODUCCIÓN DE BASE ESTABILIZADA.....	18
4.3 MUESTREO DE MATERIALES .....	18
4.3.1. MUESTREO No. 1 DE BASE ESTABILIZADA.....	18
4.3.2 MUESTREO No.2 DE BASE ESTABILIZADA.....	20
4.3.3 SEGREGACIÓN DE MATERIAL COLOCADO CON PAVIMENTADORA .....	22
5. MUESTREO Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	23
5.1 MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO .....	23
5.2 RESULTADOS Y CUMPLIMIENTO .....	25
5.2.1 DUREZA Y DURABILIDAD .....	25
5.2.2 FORMA.....	26
5.3 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA SUBBASE GRANULAR. ....	27
5.4 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA BASE ESTABILIZADA.....	29
5.5 PLASTICIDAD.....	32
5.6 DENSIDAD-HUMEDAD (PRÓCTOR MODIFICADO) .....	33



5.7 CAPACIDAD DE SOPORTE CBR EN LABORATORIO .....	34
5.8 RESISTENCIA DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO .....	35
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	36
6.1 AGREGADO PARA SUBBASE GRANULAR .....	36
6.2 AGREGADO PARA BASE ESTABILIZADA.....	37
6.3 BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO .....	38
7. CONCLUSION .....	39

ANEXO I. INFORMES DE LABORATORIO LANAMMEUCR

ANEXO II. OFICIOS REMITIDOS POR EL LANAMMEUCR

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
<b>FIGURA 2.</b> MEZCLA DE MATERIAL APILADO EN EL QUEBRADOR.....	13
<b>FIGURA 3.</b> ESTACIONAMIENTO KM 22+495. SEGREGACIÓN DEL MATERIAL.....	14
<b>FIGURA 4.</b> ESTACIONAMIENTO KM 7 +173. CONTAMINACIÓN DE LA SUB BASE....	15
<b>FIGURA 5.</b> ESTACIONAMIENTO KM 11+683. DETERIORO DE LA SUB BASE.....	16
<b>FIGURA 6.</b> DETERIORO POR EROSIÓN HÍDRICA.....	17
<b>FIGURA 7.</b> PLANTEL DE PREPARACIÓN DE BASE ESTABILIZADA.....	18
<b>FIGURA 8.</b> MUESTREO DE MATERIAL ESTACIONAMIENTO 22+843 .....	19
<b>FIGURA 9.</b> PREPARACIÓN DE MUESTRAS EN CAMPO .....	20
<b>FIGURA 10.</b> MUESTREO DE BASE ESTABILIZADA KM 22+845.....	21
<b>FIGURA 11.</b> COLOCACIÓN DE BASE ESTABILIZADA KM 22+835.....	22
<b>FIGURA 12.</b> CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA SUBBASE GRANULAR.....	29
<b>FIGURA 13.</b> CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA BASE GRANULAR .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> DATOS GENERALES DE MUESTREOS.....	23
<b>TABLA 2.</b> RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS .....	24
<b>TABLA 3.</b> RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES .....	26
<b>TABLA 4.</b> RESULTADOS DEL ENSAYO DE ÍNDICE DE DURABILIDAD.....	26



<b>TABLA 5.</b> RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS.....	26
<b>TABLA 6.</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA SUBBASE GRADUACIÓN A.....	27
<b>TABLA 7.</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA SUBBASE GRADUACIÓN B.....	28
<b>TABLA 8.</b> RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA BASE ESTABILIZADA (BASE GRADUACIÓN C). ....	30
<b>TABLA 9.</b> RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA BASE ESTABILIZADA (BASE GRADUACIÓN D). ....	31
<b>TABLA 10.</b> RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADO PARA BASE ESTABILIZADA (BASE GRADUACIÓN E). ....	31
<b>TABLA 11.</b> RESULTADOS DE LÍMITES DE ATTERBERG PARA AGREGADO DE SUBBASE Y BASE ESTABILIZADA (AGREGADO DE BASE GRANULAR). ....	33
<b>TABLA 12.</b> RESULTADOS DE ENSAYO DE HUMEDAD-DENSIDAD.....	33
<b>TABLA 13.</b> RESULTADOS DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO PARA SUBBASE GRANULAR.....	34
<b>TABLA 14.</b> RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS PARA BASE ESTABILIZADA.....	35



## 1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), es una dependencia de la Universidad de Costa Rica (UCR) especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114 en sus artículos 5 y 6, encomienda al LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la Red Vial costarricense.

Esta labor de fiscalización es ejecutada por funcionarios de la Unidad de Gestión Municipal y la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, dentro del marco legal de la Ley 8114.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Antecedentes

Los trabajos de mejoramiento en esta Ruta Nacional han sido objeto de evaluación y fiscalización por parte de funcionarios del PITRA-LanammeUCR desde el año 2013. Antes de dar inicio la construcción de las obras contratadas mediante la Licitación Pública No.2011LN-0029-0DI00, y con el fin de mejorar la calidad de la infraestructura vial, el 24 de setiembre del 2013, mediante el informe LM-PI-UGERVN-009-2013, se remitieron a la Administración una serie de recomendaciones relativas a las obras que se planeaban construir.

Posteriormente, en el año 2014 durante la ejecución de las obras funcionarios del PITRA realizaron un trabajo de fiscalización. Producto de esta fiscalización, el 3 de febrero de ese año se remitió el informe LM-PI-UGERVN-001-2015. En dicho informe reiteramos nuestras recomendaciones para mejorar aspectos técnicos que no estaban siendo atendidos. Posteriormente se constató que dichas recomendaciones no fueron consideradas por la Administración para mejorar las obras que estaban en ejecución.



Entre noviembre del 2015 y abril del 2016, nuevamente se evaluó la condición que presentaban los trabajos que se habían realizado hasta ese momento. Los resultados de dicha evaluación fueron remitidos a la Administración mediante el informe LM-PI-UE-001-2016, el 24 de mayo del 2016. Nuevamente, las múltiples vulnerabilidades que fueron señaladas en los informes anteriores se habían materializado en deterioros significativos en la condición de la carretera.

Durante el 2017 se realizaron varias giras de evaluación, de las cuales se logró concluir que las obras que se habían construido se encontraban en un proceso de deterioro acelerado, principalmente debido a deficiencias en el sistema de drenaje pluvial e inestabilidad de los taludes de corte y de relleno. Las recomendaciones que se consideraron pertinentes fueron remitidas a la Administración el 26 de octubre del año 2017, mediante el informe LM-PI-UE-007-2017.

En el año 2016, mediante la Contratación Directa 2016CD-000014-0006000001, el Consejo Nacional de Vialidad adjudicó el diseño y la construcción de varias obras en este tramo de la Ruta Nacional 606. Las obras que fueron contratadas incluyen la colocación de materiales para la sub base y la base de la estructura de pavimento, carpeta asfáltica, señalización vertical y horizontal, algunos elementos de seguridad vial, estudios básicos, diseño y construcción de obras para la estabilización de los taludes, materiales para control de erosión, cunetas y otras obras menores. El monto presupuestado para dicha Contratación Directa es de un poco más de 7400 millones de colones.

Posterior al inicio los trabajos de esta nueva contratación, en los meses de junio y julio de este año 2018, funcionarios del LanammeUCR realizaron giras de fiscalización en el proyecto. Estas giras han tenido como objetivos la evaluación de las obras realizadas y la toma de muestras de algunos de los materiales que se están utilizando en el proyecto, con el fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones, así como evaluar la gestión de la Administración y la búsqueda de oportunidades de mejora.

Como parte de este proceso, en los últimos meses el LanammeUCR ha solicitado al CONAVI información vía oficios, con el fin de obtener información relativa a la gestión que se está realizando por parte de la Administración en el mejoramiento de esta importante Ruta Nacional.



Con este fin, el LanammeUCR han remitido los siguientes oficios:

- Oficio **LM-IC-D-0207-18**, recibido en CONAVI el 23 de marzo del 2018.

Asunto: El LanammeUCR solicita al CONAVI: Avance de los trabajos contratados, estudios geológicos y geotécnicos para el diseño de la solución de estabilización de los taludes del kilómetro 13, resultados de los ensayos efectuados al material granular, oferta presentada en su momento por el Contratista, contrato suscrito con el Contratista y medidas tomadas para la mitigación de los efectos ocasionados por el polvo.

Respuesta: CONAVI respondió mediante el oficio GCTI-41-18-0367, recibido en el LanammeUCR el 4 de mayo del 2018. El oficio recibido contiene la información solicitada.

- Oficio **LM-IC-D-0371-18**, recibido en CONAVI el 31 de mayo del 2018.

Asunto: El LanammeUCR atiende las consultas realizadas por el CONAVI mediante el oficio GCTI-25-18-0441, sobre el uso del CR-2010 y sus actualizaciones en el Proyecto Mejoramiento de la Ruta Nacional No.606, sección Guacimal – Santa Elena. Se aclara que es potestad de la Administración activa definir el marco normativo técnico bajo el cual se deben evaluar los cumplimientos de calidad de los materiales y procesos constructivos utilizados en el proyecto.

Respuesta: No se ha recibido respuesta ulterior del CONAVI sobre este asunto en particular.

- Oficio **LM-IC-D-0382-18**, recibido en CONAVI el 6 de junio del 2018.

Asunto: El LanammeUCR solicita al CONAVI: Copia del Acta Oficial de inicio de las obras, órdenes de servicio o modificación, cronograma actual del proyecto presentado por el contratista, programa de trabajo del proyecto, comparación entre avance propuesto por contratista y avance real actualizado, indicación de avance financiero real vs avance propuesto por contratista, informes de laboratorio para aceptación de material de subbase y material para base estabilizada, informes de resultados de compactación de materiales granulares de subbase, copias de la Bitácora oficial del proyecto, de la Bitácora Minera y de la Bitácora del regente ambiental, informe sobre la definición de los 22 sitios que la Administración identificó con problemas de estabilidad geotécnica, informes relativos al diseño, construcción, control de calidad y medidas ambientales de las escombreras del proyecto.

Respuesta: CONAVI respondió mediante el oficio GCTI-41-18-0367, recibido en el LanammeUCR el 16 de julio del 2018. El oficio recibido contiene la mayor parte de la información solicitada. Se detectó la ausencia de los informes relativos al diseño, construcción, control de calidad y medidas ambientales de las escombreras del proyecto.

- Oficio **LM-IC-D-0427-18**, recibido en CONAVI el 25 de junio del 2018.

Asunto: El LanammeUCR solicita al CONAVI: El listado de los tramos en los que se ha colocado base estabilizada, indicando los estacionamientos





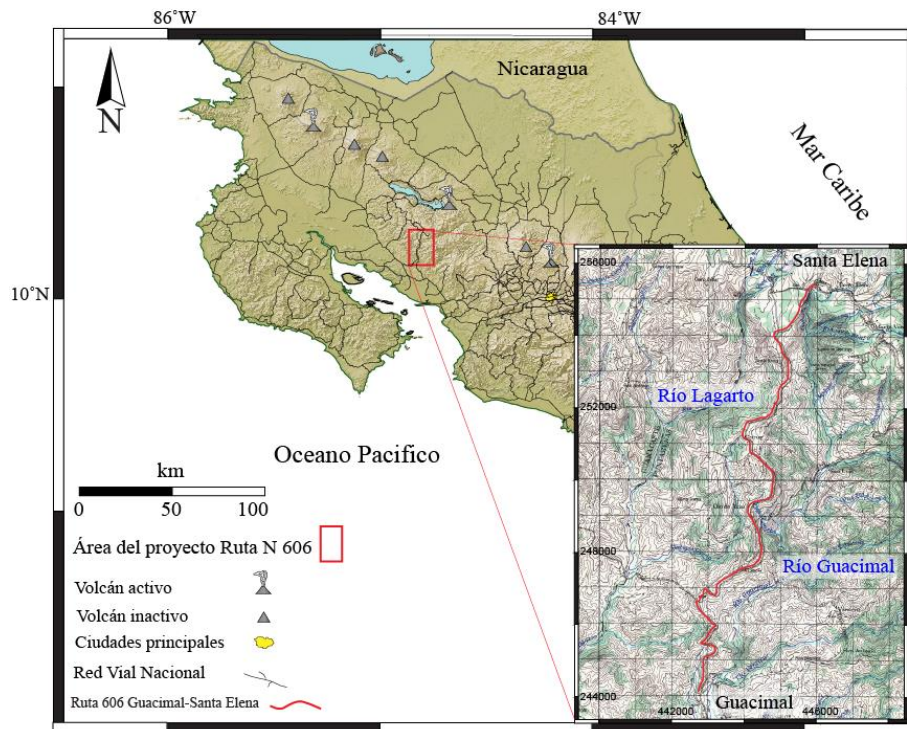
correspondientes y la fecha de colocación, así como el registro de Inspección correspondiente al día viernes 8 de junio del presente año.

Respuesta: CONAVI respondió mediante el oficio GCTI-41-18-0633, recibido en el LanammeUCR el 20 de julio del 2018. El oficio recibido contiene la información solicitada.

En este informe de fiscalización se presentan los resultados de las más recientes evaluaciones del proyecto, junto con una serie de observaciones y recomendaciones para la Administración, con el fin de que sean consideradas como un insumo para el desarrollo del proyecto en esta nueva etapa.

## 2.2 Ubicación

El proyecto fiscalizado se localiza en la parte oriental de la Hoja topográfica 3246-IV Juntas, escala 1: 50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se analiza el tramo de la Ruta Nacional No.606 entre el sector de Guacimal y Santa Elena. Esta sección atraviesa gran parte de la divisoria que hay entre las cuencas del Río Lagarto y el Río Guacimal (ver Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del proyecto sobre el mapa de Costa Rica con las rutas nacionales, se detalla la ubicación de la Ruta No. 606 entre el sector de Guacimal y Santa Elena.



### 2.3 Objetivo general

El objetivo general de este informe es fiscalizar la gestión que lleva a cabo la Administración en la ejecución de los trabajos contratados para la Ruta Nacional No.606, sección “Guacimal – Santa Elena” (Contratación Directa 2016CD-000014-0006000001) y evaluar el estado actual de dichas obras.

Se busca, de esta forma, aportar elementos a considerar por parte de la Administración activa del Estado Costarricense, en la toma de decisiones relativas a la construcción y preservación de las obras que han sido contratadas.

**No es propósito de este informe sustituir procesos de control inherentes a la Administración, tales como: Inspección de actividades y ensayos de verificación de la calidad para pago de obra.**

### 2.4 Objetivos específicos

- Evaluar la condición actual de las obras construidas en la sección Guacimal – Santa Elena de la Ruta Nacional No.606. Interesa primordialmente conocer la condición de la sub base granular, la base estabilizada, los sistemas de drenaje y la condición de los taludes.
- Recolectar muestras del material granular empleado en la construcción de la sub base y la base estabilizada, para su posterior análisis en el LanammeUCR mediante ensayos de laboratorio.
- Determinar si los materiales granulares recolectados en el proyecto cumplen con las especificaciones mínimas establecidas en la normativa aplicable.
- Señalar otros elementos vulnerables en este tramo de carretera, que puedan afectar tanto el desempeño de la infraestructura como la seguridad de los usuarios.



### 3. NORMATIVA TÉCNICA UTILIZADA

El proceso de fiscalización que está llevando a cabo el LanammeUCR en este proyecto está enmarcado por la siguiente normativa técnica:

- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010.
- Cartel de Licitación Contratación Directa Concursada 2016CD-000014-0006000001 “MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL No. 606, SECCIÓN: GUACIMAL-SANTA ELENA”. Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad.
- Contrato MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL No. 606, SECCIÓN: GUACIMAL-SANTA ELENA, Contratación Directa Concursada 2016CD-000014-0006000001, entre el Consejo Nacional de Vialidad y el Consorcio Grupo Orosi.

Ensayos de laboratorio realizados en el LanammeUCR para el presente informe:

- IT-CA-01 (ASTM C 702)  
Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.
- IT-CA-02 (ASTM C 136)  
Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.
- IT-CA-03 (ASTM C 117)  
Método para determinar el material más fino que 0,075 mm por lavado en malla de 0,075 mm (No. 200).
- IT-CA-04 (ASTM C 127)  
Procedimiento para la determinación de la densidad, gravedad específica y absorción de agregado grueso.
- IT-CA-07 (ASTM C 131)  
Procedimiento para la determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm utilizando la máquina de Los Ángeles.
- IT-CA-12 (ASTM C 3744) Método estándar de ensayo para el índice de durabilidad en agregados.
- IT-CA-17 (ASTM D 5821)  
Método para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso.
- IT-GC-02 (ASTM D 2216)  
Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.



- ASTM D 558  
Métodos de prueba estándar para la humedad-densidad (peso unitario) relaciones de mezclas de suelo-cemento.
- ASTM D 1633  
Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión inconfiada de cilindros de suelos estabilizados.
- IT-GC-05 (ASTM D 4318)  
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.
- IT-GC-07 (AASHTO T 180)  
Método estándar de ensayo para la relación densidad-humedad de suelos usando un mazo de 4,54 kg y una caída de 457 mm.
- IT-GC-08 (AASHTO T 193)  
Método estándar de ensayo para determinar el índice de soporte de California (CBR).
- ASTM D-75  
Práctica Normativa para el muestreo de agregados.

#### 4. ACTIVIDADES DE FISCALIZACIÓN

Las actividades que se han desarrollado este año para llevar a cabo la fiscalización de este proyecto incluyen giras de evaluación en el sitio. En dos de estas giras se recolectaron muestras de los materiales que están siendo utilizados en la construcción de la carretera para su posterior análisis en el LanammeUCR. Seguidamente se detallan las actividades realizadas en las giras de fiscalización, así como las principales observaciones realizadas.

##### 4.1 Gira al Proyecto Ruta No.606

Fecha: viernes 8 de Junio 2018.

Funcionarios del LanammeUCR:

Ing. Ronald Naranjo Ureña. Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.

Geólogo Paulo Ruiz Cubillo, Ph.D. Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.

Técnicos del Laboratorio: Dos funcionarios.



#### 4.1.2 Muestreo de material en el quebrador

Con el objetivo de estudiar el material granular en cada una de las fases de producción del mismo, para así comprobar la homogeneidad de sus características, el día 8 de junio del 2018 se procedió a muestrear el material que estaba siendo apilado en el plantel donde se localiza el quebrador del Contratista, en un sitio cercano al km 13 de la ruta. La muestra fue recolectada por parte de personal técnico de LanammeUCR, siguiendo la norma ASTM D-75.

Para muestrear el material apilado en el quebrador, primero se le solicitó al contratista mezclar el material con un cargador para poder obtener una muestra representativa del material de la parte inferior, media y superior del apilamiento. Posteriormente los técnicos de LanammeUCR procedieron a recolectar el material en sacos debidamente identificados. En la siguiente figura se observa la labor de homogenización del material previo a la recolección del mismo.

Los resultados de las pruebas realizadas a este material, así como la interpretación de los mismos se presentan en las secciones 5 y 6 de este informe.



**Figura 2.** Mezcla de material apilado en el quebrador para realizar posteriormente el muestreo correspondiente.

### 4.1.3 Sobre aspectos constructivos

#### 4.1.3.1 Segregación de materiales durante la colocación de la base estabilizada

Durante el muestreo se observó la colocación de la base estabilizada en el estacionamiento del km 22+495, mediante un equipo pavimentadora marca AMMANN (AFT 500) con sistema de orugas.

Según se pudo observar, en algunos sitios se produce segregación por tamaños en el material colocado. Se observó a los empleados de la empresa Contratista colocar de forma manual (con palas) material más fino sobre los sectores donde se había segregado el material grueso (ver Figura 3A).

Estas prácticas no se consideran efectivas para corregir la segregación. Se observó que luego del paso de la aplanadora se continuaban presentando las diferencias de granulometría, por lo que se produce una capa heterogénea que no corresponde con la calidad esperada (ver Figura 3B).



**Figura 3.** Estacionamiento km 22+495, viernes 8 de junio 2018. A) Se observa segregación de material por tamaño producida durante la colocación con maquinaria tipo pavimentadora. B) Posterior a la colocación del material y el paso de la aplanadora, se siguen observando diferencias en la granulometría del material acumulado.



## 4.2 Gira al Proyecto Ruta No.606

Fecha: viernes 6 de julio del 2018.

Funcionarios del LanammeUCR:

Ing. Ronald Naranjo Ureña. Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.

Geólogo Paulo Ruiz Cubillo, Ph.D. Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional.

Ing. Alonso Ulate Castillo. Unidad de Gestión Municipal.

Técnicos del Laboratorio: Dos funcionarios.

### 4.2.1 Sobre la condición de los materiales colocados

#### 4.2.1.1 Contaminación de material de sub base

En el estacionamiento del km. 7+713, ubicado en las coordenadas 406442 E y 1129881 N (CRTM-05) se observaron tramos en los cuales el material de la sub base está contaminado con suelo y material orgánico como plantas y ramas, tal como se aprecia en la Figura 4. La presencia de estos elementos debería de evitarse debido a que reduce la calidad y capacidad estructural de esta capa del pavimento.



**Figura 4.** En el estacionamiento km 7 +173 se pudo observar como el material de sub base colocado presenta contaminación con material orgánico, como restos de plantas y suelo.



#### 4.2.1.2 Trituración del material

En el estacionamiento del km 11+683 ubicado en las coordenadas 406482 E, 1130057 N (CRTM-05), se observó como en la parte superior del material de sub base que ha sido colocado se ha formado una capa de material muy fino, hecho atribuible a la trituración del agregado, posiblemente ocasionado por el paso de vehículos sobre la calzada. Este material se acumula principalmente en los bordes de la carretera y en la huella por donde transitan los vehículos (Figura 5).

En condiciones secas ese material fino es levantado por los vehículos produciendo problemas de contaminación por polvo, lo que provoca una afectación directa en los vecinos de la zona. En condiciones húmedas el material fino produce una capa fina que cubre la calzada, tal como se aprecia en la Figura 5.



**Figura 5.** En el estacionamiento del km 11+683 se observa como el material triturado por los vehículos se ha ido acumulando en la superficie y en los bordes de la calzada.





Preocupa a este Laboratorio el comportamiento observado en este material, ya que la dureza del material está relacionada con su comportamiento mecánico y el desempeño del pavimento a largo plazo. La dureza de este agregado y otras propiedades afines serán analizadas en las secciones 5 y 6 de este informe.

#### 4.2.1.3 Erosión en cunetas en tierra

En el estacionamiento del km 12+752 ubicado en las coordenadas 407409 E 1133028 N (CRTM-05), se está dando un problema de erosión en las cunetas en tierra. El día 6 de julio del presente año, se observó como la cuneta del lado izquierdo (sentido Guacimal - Santa Elena) presentaba una carcava de más de 1 metro de profundidad en un sitio de descarga de aguas. El problema de erosión de las cunetas sin revestimiento se da en un trayecto de aproximadamente 80 m (Figura 6). De continuar la erosión en el sitio se podría profundizar la cárcava hasta alcanzar y dañar las capas granulares que se han colocado, provocando pérdida del material y de la inversión.



**Figura 6.** Se observa como la erosión hídrica ha generado profundización de las cunetas en tierra.



#### 4.2.1.4 Plantel de producción de base estabilizada

El día 6 de julio del presente año, se realizó una visita al plantel donde se mezcla el material extraído del talud del km 13 y el cemento para la base estabilizada del proyecto. Este sitio se ubica en la coordenadas 407724 E y 1134710 N. Al momento de la visita se nos informó por parte del señor Amarildo Esquivel, inspector de CONAVI destacado en el sitio, que las vagonetas estaban siendo cargadas con material con una dosificación de 2.5 sacos de cemento por  $m^3$ , este material fue muestreado posteriormente durante su colocación.



**Figura 7.** Plantel donde se mezcla el material extraído del km con cemento para su posterior colocación como base estabilizada.

### 4.3 MUESTREO DE MATERIALES

#### 4.3.1. Muestreo No.1 de base estabilizada

En el estacionamiento del km 22+843 ubicado en las coordenadas 408972 E 1139753 N (CRTM-05), se muestreo el material de base estabilizada que había sido colocado empleando vagonetas y perfiladora, tal como se muestra en la Figura 8. La dosificación que se estaba utilizando en el momento del muestreo era de 2.5 sacos de cemento por  $m^3$  de agregado, según fue informado por la inspección del proyecto destacada en el sitio.

El material fue muestreado después de ser descargado por la vagoneta y tras el paso de la perfiladora. Se excavó un canal transversal sobre la calzada y el material fue colocado en sacos debidamente identificados (Figura 8).



**Figura 8.** Muestreo de material en sitio de colocación estacionamiento 22+843. En este tramo el Contratista realizó la colocación de la base estabilizada mediante descarga de vagonetas y el paso posterior de una perfiladora.

Posteriormente, en un sitio cercano con condiciones adecuadas, se realizó la preparación de los cilindros con el material recolectado (Figura 9).

Los resultados de las pruebas realizadas a este material, así como la interpretación de los mismos se presentan en las secciones 5 y 6 de este informe.



**Figura 9.** Preparación de muestras en campo por los técnicos del LanammeUCR.

#### 4.3.2 Muestreo No.2 de base estabilizada

En el estacionamiento del km 22+845 ubicado en las coordenadas 408944 E 1139730 N (CRTM-05), se realizó el segundo muestreo del día 6 de julio del 2018 al material de base estabilizada colocado por la empresa Contratista.

En este tramo la base estabilizada fue descargada desde una vagoneta en la tolva de la máquina pavimentadora, la cual la colocó sobre la superficie de la sub base. La máquina pavimentadora que se estaba utilizando en el momento del muestreo es de tipo AMMANN (AFT 500) con sistema de orugas.



Al igual que en el sitio de muestreo anterior, la dosificación que se estaba utilizando en el momento del muestreo del material fue de 2.5 sacos de cemento por  $m^3$  de agregado.

Una vez que la pavimentadora colocó el material, mediante el uso de palas, técnicos del LanammeUCR excavaron un canal transversal para recolectar cuatro sacos de material para los ensayos pertinentes (ver la siguiente Figura).



**Figura 10.** Muestreo de material de base estabilizada en el estacionamiento del km 22+845 después de la colocación con pavimentadora.

Posteriormente, en el mismo sitio que se realizó la preparación de las muestras anteriores, se prepararon los cilindros con el material recolectado en este segundo muestreo.

Los resultados de las pruebas realizadas a este material, así como la interpretación de los mismos se presentan en las secciones 5 y 6 de este informe.

#### 4.3.3 Segregación de material colocado con pavimentadora

En el estacionamiento km 22+835 ubicado en las coordenadas 408956 E, 1139740 N (CRTM-05), se pudo observar como la máquina pavimentadora AMMANN (AFT 500) presentaba el mismo problema de segregación al colocar el material de la base estabilizada (Figura 11). En el sector del lado izquierdo de donde se coloca el material se nota una acumulación anómala de materiales más gruesos que el resto. El tamaño de los materiales tiene un promedio de entre 5 y 10 cm de diámetro.



**Figura 11.** Colocación de base estabilizada en el estacionamiento 22+835. Se puede observar como en el momento de la gira se presentó un problema de segregación del agregado. En varios sectores se puede apreciar la acumulación del material más grueso.



## 5. MUESTREO Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

### 5.1 Muestreo y ensayos de laboratorio

Se realizaron sendos muestreos del agregado utilizado para la capa de subbase granular y para la elaboración de la capa de base estabilizada con cemento (que se fabrica en planta y luego se coloca en el camino). La Tabla 1 resume los datos generales de los muestreos de agregado realizados.

**Tabla 1.** Datos generales de muestreos de agregado de subbase granular y base estabilizada.

Fecha	Materiales	Sitio	Cantidad	No. muestra	Norma de muestreo
08-06-2018	Agregado para capa de subbase y base estabilizada	Apilamiento en Quebrador (13+000)	3 sacos (aprox. 150 kg)	M-1210-18	ASTM D-75
06-07-2018	Agregado para capa de subbase y base estabilizada	Apilamiento en Planta de producción de Base Estabilizada	3 sacos (aprox. 150 kg)	M-1414-18	ASTM D-75
	Base estabilizada con cemento (Dosificación: 2.5 sacos/m <sup>3</sup> )	Sitio de colocación (EST 22+870)	Muestreo de agregados para moldeo de 4 pastillas de base estabilizada en sitio (Proctor Modificado)	M-1410-18	ASTM D-75
		Sitio de colocación (EST 22+845)	Muestreo de agregados para moldeo de 4 pastillas de base estabilizada en sitio (Proctor Modificado)	M-1412-18	ASTM D-75



Se realizaron los ensayos de laboratorio que permitieron evaluar las propiedades de las muestras de materiales obtenidas en el proyecto, de acuerdo con lo indicado en el Cartel de la Contratación Directa Concursada, en el Capítulo II. Condiciones Especiales, Términos de Referencia Técnica, Punto 2. Especificaciones Técnicas, donde se indica textualmente:

*“Para llevar a cabo la ejecución de este proyecto, se deberá respetar y acatar las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010) y la información contenida en planos que acompañan este pliego de condiciones”*

Debido a lo anterior, se realizaron los ensayos de laboratorio de acuerdo con lo indicado en la normativa de referencia, indicada en el CR-2010 en las Secciones 301, 304 y 703.05 como se resume en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resumen de ensayos de laboratorio realizados a las muestras de material.

No. Muestra	Material	Ensayos de laboratorio	Normas
M-1210-18 M-1414-18	Agregado para subbase granular y base estabilizada	Abrasión Los Ángeles	ASTM C131
		Índice de durabilidad (grueso y fino)	ASTM C3744
		Caras Fracturadas	ASTM C5821
		Análisis granulométrico	ASTM C136 ASTM C117
		Límites de Atterberg	ASTM D4318
		Humedad-Densidad (Proctor Modificado)	AASHTO T180
		CBR en laboratorio	AASHTO T193
M-1410-18 M-1412-18	Base estabilizada con cemento (Dosificación: 2.5 sacos/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión confinada a los 7 días de cilindros de base estabilizada	ASTM D1633





## 5.2 Resultados y cumplimiento

Los resultados de los ensayos de laboratorio y el cumplimiento de las especificaciones, se resumen en esta sección, en el mismo orden indicado en la Tabla 2. Además, en el Anexo I se adjuntan los informes de laboratorio: I-805-18, I-810-18, I-928-18, I-938-18 y I-973-18, donde se presentan con detalle todos los resultados.

Para efectos de este informe y por criterio del LanammeUCR, así como las buenas prácticas de ingeniería que aplican para este tipo de proyectos de construcción de caminos, el cumplimiento de especificaciones se revisa de acuerdo con lo establecido en el *Manual de especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes CR-2010*, versión vigente al momento de publicado el cartel de contratación en julio 2016. Esto debido a que no se ha tenido respuesta oficial por parte de la Ingeniería de Proyecto al oficio LM-IC-D-0371-18, donde se le consulta respecto a las especificaciones a aplicar en el proyecto, esto para el material de subbase granular, el agregado para la base estabilizada y la resistencia a la compresión a 7 días de la base estabilizada. Lo anterior dado que se han aprobado actualizaciones relacionadas del CR-2010 recientemente.

### 5.2.1 Dureza y durabilidad

Los resultados de las muestras del agregado para subbase granular y agregado para base estabilizada realizados en el LanammeUCR no cumplen con las especificaciones de Abrasión de Los Ángeles de acuerdo con lo establecido en el CR-2010. En ambos casos se excede el 50% de degradación, como se muestra en la Tabla 3.

Adicionalmente, las muestras de agregado no cumplen las especificaciones del Índice de Durabilidad para la especificación de subbase granular y agregado para base estabilizada. Esto para el agregado fino, ya que no alcanzaron el mínimo requerido de 35 como se indica en la Tabla 4.



**Tabla 3.** Resultados del ensayo de Abrasión Los Ángeles.

Muestra	Resultado	Especificación CR-2010	Cumplimiento
M-1210-18	70%	50% máx	No cumple
M-1414-18	58%	50% máx	No cumple

**Tabla 4.** Resultados del ensayo de Índice de Durabilidad.

Muestra	Resultado Promedio		Especificación CR-2010	Cumplimiento
M-1210-18	Agregado fino	21.3	35 mín	No cumple
	Agregado grueso	**	35 mín	-
M-1414-18	Agregado fino	24.3	35 mín	No cumple
	Agregado grueso	50.1	35 mín	Sí cumple

\*\* No se obtuvo resultado de ensayo debido a la degradación del material.

### 5.2.2 Forma

Los agregados cumplen las especificaciones del CR-2010 para subbase granular y agregado para base estabilizada, respecto a la forma de las partículas. El 100% de los agregados presenta al menos 2 caras fracturadas como se muestra en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Resultados del ensayo de Caras fracturadas.

Muestra	Tamaño (mm)	% agregados redondeados por masa	% de agregados con caras fracturadas por masa		Especificación CR-2010	Cumplimiento
			1 cara	2 caras		
M-1210-18	25.0	0	0	100	50% min	Sí cumple
	19.0	0	0	100		
	12.5	0	0	100		
	9.50	0	0	100		
	4.75	0	0	100		
M-1414-18	25.0	0	0	100	50% min	Sí cumple
	19.0	0	0	100		
	12.5	0	0	100		
	9.50	0	0	100		
	4.75	0	0	100		



### 5.3 Granulometría de agregado para subbase granular.

Se realizó la comparación de granulometrías para las muestras de agregado, respecto a las especificaciones del CR-2010 para subbase graduación A y graduación B, como se observa en las Tablas 6 y 7, respectivamente. Además, se presenta la comparación de las curvas granulométricas en la Figura 12.

La revisión de granulometría de las muestras de agregado, respecto a la especificación de subbase granular graduación A, indica que la muestra M-1414-18 presenta un leve exceso de partículas mayores a 63 mm, mientras que la muestra M-1210-18 no tiene sobre tamaños. Por otro lado, ambas muestras presentan incumplimiento de la proporción más fina, pues exceden más allá de la tolerancia, el contenido de finos en las mallas No.40 (0,425mm) y No.200 (0,075 mm).

La revisión de granulometría de las muestras de agregado, respecto a la especificación de subbase granular graduación B, indica que la muestra M1210-18 no presenta incumplimientos. La muestra M-1414-18 presenta exceso de la proporción gruesa en las mallas de 50 mm y 37,5 mm.

**Tabla 6.** Resultados de análisis granulométrico para Subbase Graduación A.

Abertura malla (mm)	Especificación CR-2010 SBG Grad. A *	Muestra M-1210-18		Muestra M-1414-18	
		Resultado	Cumplimiento	Resultado	Cumplimiento
75	-	-	-	100	-
63	100	-	Si cumple	96	No cumple
50	97-100	100	Si cumple	-	-
37,5	-	98	-	93	-
25	65-79 (6)	77	Si cumple	77	Si cumple
19	-	62	-	66	-
12,5	45-49 (7)	52	Cumple en tolerancia	55	Cumple en tolerancia
9,5	-	47	-	49	-
4,75	28-42 (6)	40	Si cumple	42	Sí cumple
0,425	9-17 (4)	23	No cumple	25	No cumple
0,075	4-8 (3)	16	No cumple	16	No cumple

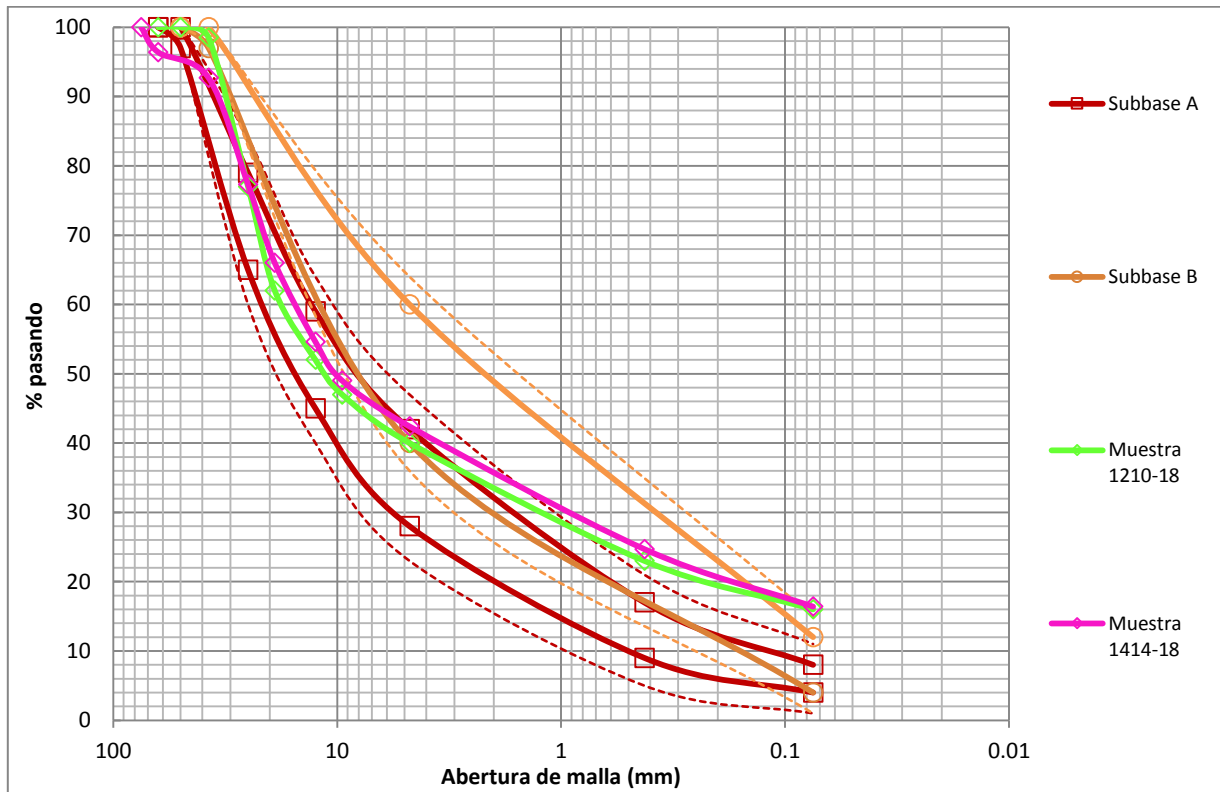
\* Tolerancia permisible indicada entre paréntesis ( $\pm$ )



**Tabla 7.** Resultados de análisis granulométrico para Subbase Graduación B.

Abertura malla (mm)	Especificación CR-2010 SBG Grad. B *	Muestra M-1210-18		Muestra M-1414-18	
		Resultado	Cumplimiento	Resultado	Cumplimiento
75	-	-	-	100	-
63	-	-	-	96	-
50	100	100	Si cumple	-	No cumple
37,5	97-100	98	Si cumple	93	No cumple
25	-	-	-	77	-
19	-	-	-	66	-
12,5	-	-	-	55	-
9,5	-	-	-	49	-
4,75	40-60(8)	40	Si cumple	42	Sí cumple
0,425	-	-	-	25	-
0,075	4-12(4)	16	Cumple en tolerancia	16	Cumple en tolerancia

\* Tolerancia permisible indicada entre paréntesis (±)



**Figura 12.** Comparación de curvas granulométricas para Subbase Granular.

#### 5.4 Granulometría de agregado para base estabilizada

El CR-2010 establece que el agregado para base estabilizada debe cumplir con la granulometría correspondiente a los materiales de base granular, de acuerdo con las secciones 304.02 y 703.05. De acuerdo con esto, se realizó la comparación de granulometrías para las muestras de agregado, respecto a la especificación para base granular graduación C, D y E, como se observa en las Tablas 8, 9 y 10, respectivamente. Además en la Figura 2, se presenta la comparación de curvas granulométricas.

La revisión de granulometría respecto a la especificación de base granular graduación C, indica que la muestra M-1210-18 contiene menor cantidad de material pasando la malla No.40 (0,425 mm) y exceso de finos en la malla No.200 (0,075 mm). La muestra M1414-18 contiene mayor proporción de partículas gruesas mayores a 50 mm (sobretamaños) y también presenta menor cantidad de material pasando la malla No.40 (0,425 mm) y exceso de finos en la malla No.200 (0,075 mm). La Tabla 8 resume estos resultados.



La revisión de granulometría respecto a la especificación de base granular graduación D, indica que la muestra M-1210-18 posee mayor proporción de partículas gruesas mayores a 25 mm y 19 mm que lo especificado, además no cumple con la proporción de finos pasando la malla No. 200 (0.075 mm). La muestra M1414-18 presenta partículas de hasta 63 mm por lo que no cumple con el tamaño máximo especificado de 25 mm, tampoco cumple con la proporción de partículas pasando la malla 19 mm y además posee exceso de finos pasando la malla No. 200 (0.075mm). La Tabla 9 resume estos resultados.

La revisión de granulometría respecto a la especificación de base granular graduación E, indica que tanto la muestra M-1210-18 como la M-1414-18 contienen exceso de partículas de mayor tamaño que 19 mm y mayor proporción de finos que lo especificado para la malla No. 200 (0.075 mm). La Tabla 10 resume estos resultados.

**Tabla 8.** Resultados de granulometría de agregado para base estabilizada (Base Graduación C).

Abertura malla (mm)	Especificación CR-2010 BG Grad. C *	Muestra M-1210-18		Muestra M-1414-18	
		Resultado	Cumplimiento	Resultado	Cumplimiento
75	-	-	-	100	-
63	-	-	-	96	-
50	100	100	Sí cumple	-	No cumple
37,5	-	98	-	93	-
25	80-100 (6)	77	Cumple en tolerancia	77	Cumple en tolerancia
19	64-94 (6)	62	Cumple en tolerancia	66	Sí cumple
12,5	-	52	-	55	-
9,5	-	47	-	49	-
4,75	40-69 (6)	40	Sí cumple	42	Sí cumple
0,425	31-54 (4)	23	No cumple	25	No cumple
0,075	4-7 (3)	16	No cumple	16	No cumple

\* Tolerancia permisible indicada entre paréntesis (±)



**Tabla 9.** Resultados de granulometría de agregado para base estabilizada (Base Graduación D).

Abertura malla (mm)	Especificación CR-2010 BG Grad. D *	Muestra M-1210-18		Muestra M-1414-18	
		Resultado	Cumplimiento	Resultado	Cumplimiento
75	-	-	-	100	-
63	-	-	-	96	-
50	-	100	-	-	-
37,5	-	98	-	93	-
25	100	77	No cumple	77	No cumple
19	86-100 (6)	62	No cumple	66	No cumple
12,5	-	52	-	55	-
9,5	51-82 (6)	47	Cumple en tolerancia	49	Cumple en tolerancia
4,75	36-64 (6)	40	Sí cumple	42	Sí cumple
0,425	12-26 (4)	23	Sí cumple	25	Sí cumple
0,075	4-7 (3)	16	No cumple	16	No cumple

\* Tolerancia permisible indicada entre paréntesis (±)

**Tabla 10.** Resultados de granulometría de agregado para base estabilizada (Base Graduación E).

Abertura malla (mm)	Especificación CR-2010 BG Grad. E *	Muestra M-1210-18		Muestra M-1414-18	
		Resultado	Cumplimiento	Resultado	Cumplimiento
75	-	-	-	100	-
63	-	-	-	96	-
50	-	100	-	-	-
37,5	-	98	-	93	-
25	-	77	-	77	-
19	100	62	No cumple	66	No cumple
12,5	-	52	-	55	-
9,5	62-90 (6)	47	No cumple	49	No cumple
4,75	46-74 (7)	40	Cumple en tolerancia	42	Cumple en tolerancia
0,425	12-26 (4)	23	Sí cumple	25	Sí cumple
0,075	4-7 (3)	16	No cumple	16	No cumple

\* Tolerancia permisible indicada entre paréntesis (±)

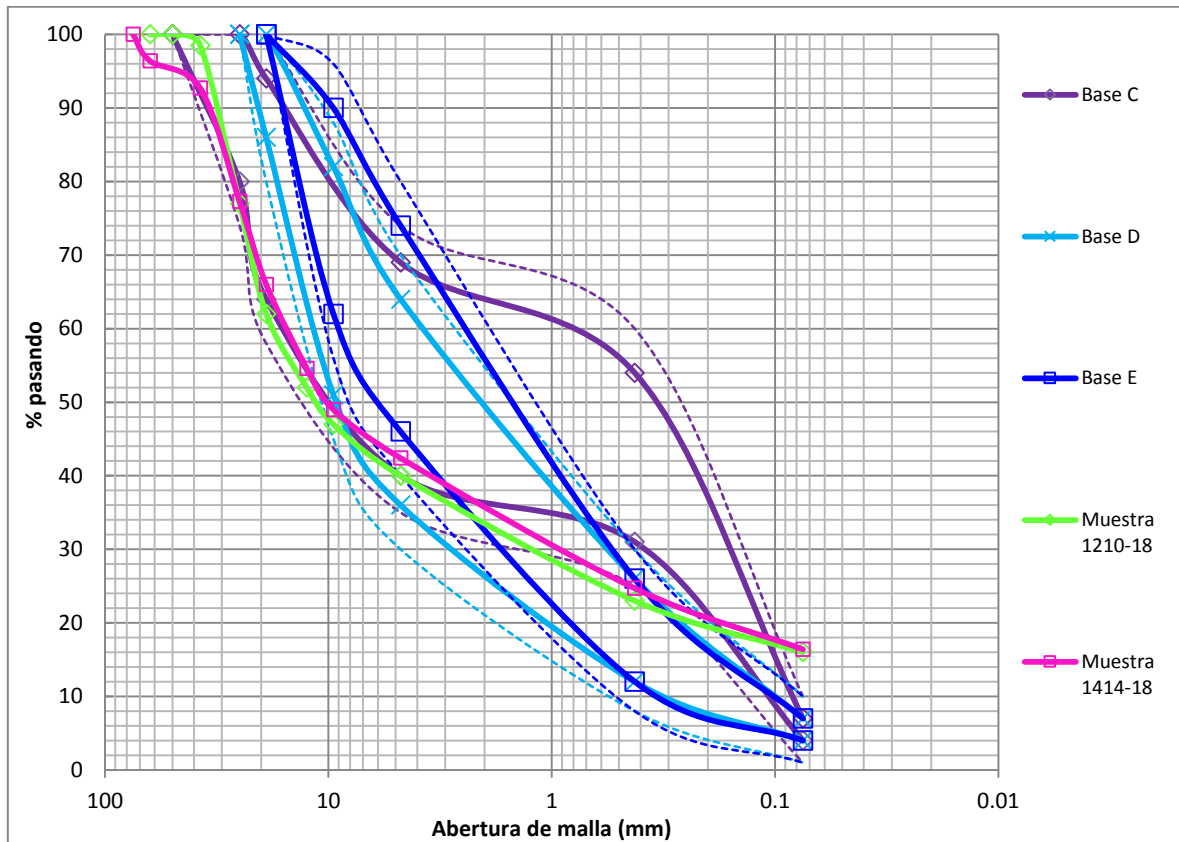


Figura 13. Comparación de curvas granulométricas para Base Granular.

### 5.5 Plasticidad

La revisión de las propiedades de plasticidad se presenta en la Tabla 11. Las muestras de agregado M-1210-18 y M-1414-18 cumplen con las especificaciones de Límite Líquido (LL) e Índice de Plasticidad (IP), de acuerdo con lo establecido en el CR-2010 para agregado de subbase granular y agregado para base estabilizada (que corresponde a agregados de base granular).





**Tabla 11.** Resultados de Límites de Atterberg para agregado de subbase y base estabilizada (agregado de base granular).

Muestra	Resultado		Especificación		Cumplimiento
			CR-2010		
			SBG	BG	
M-1210-18	Límite Líquido (LL)	29	35 máx	35 máx	Sí cumple
	Índice de Plasticidad (IP)	4	4-10	4-9	Sí cumple
M-1414-18	Límite Líquido (LL)	27	35 máx	35 máx	Sí cumple
	Índice de Plasticidad (IP)	6	4-10	4-9	Sí cumple

### 5.6 Densidad-humedad (Proctor Modificado)

El resultado del ensayo de humedad-densidad para compactación (Proctor Modificado) de la Tabla 12, presenta una diferencia de 1.3% en la humedad óptima de compactación y de 94 kg/m<sup>3</sup> en la densidad máxima obtenida entre las muestras de agregado analizadas. La variabilidad en estos resultados, demuestra la necesidad de mantener frecuente control de calidad y verificación de calidad para realizar los ajustes a los valores de referencia para compactación en sitio, conforme se vaya produciendo y colocando el material.

**Tabla 12.** Resultados de ensayo de Humedad-Densidad (Proctor Modificado).

Muestra	Parámetro	Resultado
M-1210-18	Contenido de humedad óptimo corregido	11.1 %
	Densidad seca máxima corregida	1882 kg/m <sup>3</sup>
M-1414-18	Contenido de humedad óptimo corregido	10.8 %
	Densidad seca máxima corregida	1976 kg/m <sup>3</sup>



### 5.7 Capacidad de soporte CBR en laboratorio

Los resultados para el ensayo de CBR en laboratorio se resumen en la Tabla 13.

De acuerdo al Informe de Laboratorio I-805-18 (Anexo I), la muestra de agregado M-1210-18 muestra un comportamiento inusual en las curvas de esfuerzo vs penetración, ya que se obtuvieron esfuerzos menores cuando se aplicó 56 golpes, que cuando se aplicó 25 golpes o 10 golpes. Esto podría indicar que el material se degrada o pulveriza con la compactación de laboratorio. El gráfico de CBR respecto al porcentaje de compactación, también presenta una tendencia inusual, ya que las curvas de CBR presentan mayores valores a menor compactación. Al verificar el CBR para un 95% de compactación y extrapolar, se obtiene aproximadamente 25% y 35% para 0.1" de y para 0.2" de penetración respectivamente. Tomando como referencia la curva de 0.2" de penetración, por norma se cumple con el CBR especificado.

De acuerdo al Informe de Laboratorio I-943-18 (Anexo I), la muestra de agregado M-1414-18 también presenta un comportamiento inusual en las curvas de esfuerzo vs penetración, ya que se obtienen mayores esfuerzos para la curva de 25 golpes que para 56 golpes. En el gráfico de CBR vs el porcentaje de compactación, se obtiene un CBR de 48% para 95% de compactación, lo cual cumple con el mínimo especificado en el CR-2010 de 30% para agregado de subbase granular.

**Tabla 13.** Resultados de ensayo CBR en laboratorio para subbase granular.

Muestra	Resultado	Especificación CR-2010	Cumplimiento	Observaciones
M-1210-18	CBR=35% (95% de PM)	CBR 30 mín	Sí cumple (extrapolando)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para curva de 0.2 pulgadas de penetración (por repetición).</li> <li>• Se observa comportamiento inusual en la curva de esfuerzo-penetración, dado que a mayor cantidad de golpes menor esfuerzo obtenido.</li> </ul>



M-1414-18	CBR=48% (95% de PM)	CBR 30 mín	Sí cumple	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para curva de 0.2 pulgadas de penetración (por repetición).</li> <li>• Se observa comportamiento inusual en la curva de esfuerzo-penetración, dado que a 25 golpes se obtuvo mayores esfuerzos que para 56 golpes.</li> </ul>
-----------	------------------------	---------------	-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 5.8 Resistencia de base estabilizada con cemento

Los resultados de resistencia a la compresión inconfiada a 7 días de las pastillas de base estabilizada, se presentan en la Tabla 14. Las dos muestras de cuatro especímenes cada una (M-1410-18 y M-1412-18), cumplen con la resistencia mínima especificada en el CR-2010 de 2,8 MPa.

Sin embargo, llama la atención los altos valores de resistencia a la compresión promedio obtenidos, dado que este material podría generar una capa de base estabilizada muy rígida, que eventualmente podría presentar fisuras transversales por contracción que se reflejen en la superficie de ruedo asfáltica.

**Tabla 14.** Resultados de ensayo de resistencia a compresión a los 7 días para base estabilizada.

Muestra	No.	Resistencia compresión a los 7 días (MPa)		Especificación Resistencia compresión a los 7 días Base Estabilizada CR-2010	Cumplimiento Resultado individual
		Resultado individual	Promedio		
M-1410-18	1	7,1	7,7	2,8 MPa min	Sí cumple
	2	7,2			Sí cumple
	3	9,5			Sí cumple
	4	7,1			Sí cumple
M-1412-18	1	6,2	6,3	2,8 MPa min	Sí cumple
	2	7,0			Sí cumple
	3	5,9			Sí cumple
	4	6,3			Sí cumple



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 Agregado para subbase granular

Los resultados de los ensayos de laboratorio para las muestras de agregado para subbase granular y agregado para base estabilizada (M-1210-18 y M-1414-18) indican que existen algunos incumplimientos respecto a lo indicado en las especificaciones del CR-2010 (vigentes en julio de 2016).

El principal incumplimiento corresponde a la resistencia a la abrasión con la máquina Los Ángeles. La muestra M-1210-18 presenta un valor de pérdida de 70% y la muestra M-1414-18 un 58%. Esto puede asociarse a un agregado que se quiebra, degrada y desintegra ante el impacto o abrasión, más allá de lo requerido para un material que formará parte de una estructura de pavimento, la cual estará sujeta a esfuerzos de compresión y corte que deberá disipar, muchas veces en condiciones de saturación durante su vida útil. Generalmente, agregados que exceden la especificación mínima de abrasión Los Ángeles, suelen generar polvo en condiciones secas y son susceptibles a la erosión, sobre todo si se dejan expuestos al tránsito vehicular y escorrentía pluvial.

El incumplimiento del Índice de durabilidad en el agregado fino para ambas muestras de agregado analizadas, puede asociarse a la generación de finos plásticos cuando el agregado se somete a degradación mecánica, lo cual reduciría el desempeño mecánico esperado de una capa de subbase o base granular, ya que los finos arcillosos que se generen eventualmente por la degradación del material, pueden retener humedad y reducir la permeabilidad requerida para drenar rápidamente en condiciones de saturación.

Respecto a la forma de las partículas, las muestras de agregado presentan un 100% de partículas con al menos 2 caras fracturadas, lo que es una condición favorable del material. Sin embargo, es un comportamiento lógico esperado de un material que tiene propensión a fracturarse con facilidad, por lo que a pesar de cumplir con esta propiedad no se puede garantizar que favorezca la trabazón entre las partículas.

La distribución de tamaños de las muestras analizadas es similar a la granulometría de subbase graduación A, sin embargo no cumple la especificación del CR-2010 en todas las mallas. Las muestras del agregado contienen exceso de finos pasando las mallas No. 40



y No.200. Esto podría reducir la permeabilidad del agregado, porque los finos llenarían los vacíos que quedan entre las partículas de mayor tamaño, dejando menor espacio para la evacuación de la humedad. Además, si el material se deja expuesto estos finos podría generar polvo en condiciones secas y erosionarse cuando llueve, ya que el agua corre por la superficie del material en las pendientes longitudinales del camino.

No se encontraron incumplimientos del material respecto a la plasticidad y CBR de laboratorio. Sin embargo, la tendencia inusual mostrada en las curvas de esfuerzo unitario-penetración, podría indicar que algunas partículas se degradan o pulverizan con la compactación de laboratorio, lo que genera menores esfuerzos de penetración durante el ensayo.

Además, las propiedades de los agregados de las muestras M-1218-18 y M-1414-18, de acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio, podrían influir en la generación de polvo que se ha presentado en el proyecto durante las actividades constructivas y operación del tránsito vehicular durante la época seca. Sin embargo, también intervienen en la generación de polvo, otras variables que no están asociadas directamente al material granular, como la velocidad de operación y peso vehicular, el viento y la humedad relativa.

## **6.2 Agregado para base estabilizada**

El agregado para base estabilizada, corresponde al mismo que se está utilizando para la subbase granular en el proyecto. Por lo tanto, los incumplimientos respecto a la degradación por abrasión Los Ángeles y durabilidad del agregado fino, aplican también al evaluar las muestras como agregado para base estabilizada, según lo establece el CR-2010 en la Sección 304.02. En el caso de la capa de base estabilizada con cemento, estas propiedades observadas en los agregados de muestra, podrían influir negativamente en el comportamiento mecánico de la capa de base, cuya función es principalmente dar aporte estructural en el pavimento, al absorber mayor proporción de esfuerzos de compresión y corte que la capa de subbase granular. Si las partículas del agregado para base estabilizada no cumplen con las especificaciones de abrasión y



durabilidad, la capa de base estabilizada podría presentar deterioros estructurales como agrietamientos antes de cumplir su vida útil estimada.

Por otro lado, se observó que la granulometría de las muestras de agregado M-1210-18 y M1414-18 no cumplen como agregado para base estabilizada, que corresponden a las mismas de base granular como ya se mencionó. La granulometría encontrada en las muestras presenta un incumplimiento absoluto con la granulometría de base graduación C, principalmente por exceso de finos en las mallas No.40 y No. 200. El principal efecto que esto puede tener, es un aumento en la dosificación requerida de cemento para alcanzar la resistencia especificada a la compresión inconfiada a los 7 días, respecto a un material que sí cumpla con las especificaciones de granulometría según lo indica el CR-2010.

### **6.3 Base estabilizada con cemento**

La resistencia a la compresión mínima especificada de 2,8 MPa, se superó significativamente para todos los especímenes de muestra elaborados en el proyecto con el material de base estabilizada. Esto indica que el material cumple con la resistencia mínima establecida en el CR-2010 Sección 304.03, sin embargo las resistencias promedio obtenidas de 7,7 y 6,3 MPa, según el criterio de los fiscalizadores resultan altas para una capa de base estabilizada con cemento, la cual podría ser muy rígida y generar fisuras durante el proceso de fraguado y posteriormente durante la operación de la vía que se reflejarían en la carpeta asfáltica. Además, si se deja expuesta al tránsito y clima más de 21 días (si se utiliza sello de imprimación como membrana de curado) durante la construcción del proyecto, podría presentar deterioros prematuros como erosión y desprendimientos.



## 7. CONCLUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos realizados por el LanammeUCR, a las muestras de material granular del Proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No.606, Sección: Guacimal – Santa Elena”, este material no cumple con las especificaciones mínimas establecidas en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 para la construcción de las capas de sub base y base estabilizada, por lo tanto, según la normativa aplicable y a criterio del LanammeUCR, este material no es mecánicamente competente para la construcción de carreteras en Costa Rica.

El uso de materiales granulares con estas características tiene implicaciones en la reducción de la capacidad estructural del pavimento para resistir las cargas del tránsito en el mediano y el largo plazo.

El análisis de resultados y las afirmaciones sobre el comportamiento del material o posibles efectos durante el proceso constructivo y la posterior operación del proyecto, se realizan de acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio de las dos muestras de agregado obtenidas en el proyecto entre junio y julio del presente año y el criterio de los fiscalizadores del LanammeUCR.

Lo expuesto en este informe pretende ser un insumo oportuno de atención y complemento para los resultados del auto control de calidad del Contratista, la verificación de calidad de la Administración y el criterio de la Ingeniería de Proyecto, sobre el comportamiento del material en campo. De esta manera, la Administración podrá valorar si los resultados obtenidos por el LanammeUCR para las muestras de agregado corresponden a la tendencia general del material y por lo tanto determinar la aceptación o rechazo para su uso en el proyecto, así como las medidas correctivas a implementar en caso de que sea necesario.

Se insta a la Administración a mantener el seguimiento y solicitud permanente de las pruebas de auto control de calidad del Contratista, para continuar en el proceso de avance del proyecto de acuerdo al cumplimiento de las especificaciones que apliquen. Mantener, además, la inspección y la verificación de calidad para contar con datos adicionales de comprobación del comportamiento de los materiales y procesos



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

constructivos. La ausencia de cualquiera de estos elementos de control representa una importante debilidad y riesgo para la calidad de las obras.