



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

ASESORÍA TÉCNICA PARA LA
REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS
PRELIMINARES Y
RECOMENDACIONES DE
INTERVENCIÓN PARA VARIOS
CAMINOS EN DISTRITO CÓBANO,
PUNTARENAS.

LM-PI-GM-INF-06-17

PREPARADO POR
Ulate-Castillo, Alonso



programa de infraestructura
del transporte

PITRA

San José, Costa Rica
Setiembre, 2017

UGM

Unidad de
Gestión Municipal

ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIÓN DE INTERVENCIÓN PARA VARIOS CAMINOS EN DISTRITO CÓBANO, PUNTARENAS.

Ulate-Castillo, Alonso ¹

1. Ingeniero Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR

Palabras Clave: Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño de pavimento, Cóbano, Puntarenas.

Resumen: El Departamento de Ingeniería y Construcción del Concejo Municipal de Distrito de Cóbano, Puntarenas solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para la evaluar una fuente de material granular de la cantera local Tajo Delicias y los resultados indicaron que es apto para realizar actividades de lastrado y rellenos de préstamo, pero no cumple como base o subbase granular para caminos, de acuerdo a las especificaciones del CR-2010. Se estabilizó el material con emulsión asfáltica tipo CSS-1h, cemento hidráulico y cal hidratada. La mezcla de agregado y emulsión asfáltica no cumplió con el recubrimiento y adhesión mínima requerida, por lo que no se recomienda, mientras que la mezcla con cal fue donde se obtuvo el mejor comportamiento, en cuanto a la resistencia a la compresión inconfiada. Los caminos evaluados son: C6-01-128 Montezuma, C6-01-038 Delicias, C6-01-001 Santa Teresa y C6-01-037 San Isidro, donde se realizaron conteos vehiculares, sondeos a cielo abierto, ensayos de DCP para la estimación de CBR en sitio y muestreo de materiales granulares y suelo existente. Además, se caracterizaron muestras del material granular de rodadura del camino C6-01-001 Santa Teresa y se estabilizó con emulsión, cemento y cal. El comportamiento más adecuado se observó con cal, al obtenerse resistencias a la compresión inconfiada equivalentes al cemento pero con dosificaciones menores. Finalmente, se realizan recomendaciones de intervención para las estructuras de pavimentos y se proponen secciones transversales típicas para cada camino. Se recomienda que el Departamento de Ingeniería del Distrito valore las opciones planteadas para determinar el diseño final y que los proyectos de intervención de estos caminos cuenten con los diagramas, planos y especificaciones técnicas correspondientes, así como el control y verificación de calidad durante el proceso constructivo.

TECHNICAL ADVISORY TO CARRY OUT PRELIMINARY STUDIES AND RECOMMENDATION OF INTERVENTION FOR VARIOUS ROADS IN THE DISTRICT OF CÓBANO, PUNTARENAS

Ulate-Castillo, Alonso ¹

1. Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR

Keywords: Technical assistance, preliminary studies, pavement design, Cóbano, Puntarenas.

Summary: The Engineering and Construction Department of Cóbano Municipal Council, Puntarenas, requested the technical assistance of LanammeUCR for the evaluation of a granular material source from the local quarry Tajo Delicias, and the results indicated that the material can be used as crushed stones on surface of unpaved roads and as coarse fill materials, but are not suitable as granular base or subbase for roads, according to the specifications of CR-2010. The material was stabilized with asphalt emulsion type CSS-1h, hydraulic cement and hydrated lime. The mix of aggregate and asphalt emulsion did not satisfied the coating and the minimum adhesion required, so it is not recommended; while the mixture with hydrated lime presented the best performance, in terms of unconfined compressive strength. The roads evaluated are: C6-01-128 Montezuma, C6-01-038 Delicias, C6-01-001 Santa Teresa and C6-01-037 San Isidro; where vehicular counts, open-pit soil samples, CBR estimation on site with the Dynamic Penetration Cone (DCP) and sampling of granular materials and existing soil were done. In addition, samples of road surface granular material of C6-01-001 Santa Teresa road were characterized and stabilized with emulsion, cement and lime. The most suitable behavior was observed with lime, where the unconfined compressive strength was equivalent to cement but using lower dosages. Finally, intervention recommendations are made for the pavement structures and typical cross sections are proposed for each road. It is recommended that the District Engineering Department assess the options for the final design, and verify that the roads intervention projects have the diagrams, plans and the corresponding technical specification, as well as the control and verification of quality for the construction process.

Ulate-Castillo, A. (2017). *Asesoría Técnica para la realización de los estudios preliminares y recomendaciones de intervención para varios caminos en distrito Cóbano, Puntarenas*. San José: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura
del transporte

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-GM-INF-06-2017


Asesoría técnica para realización de estudios preliminares y recomendación de intervención para varios caminos en Distrito Cóbano, Puntarenas.

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Setiembre, 2017

Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la Ley 8114 según la reforma aprobada en la Ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT
Preparado por: Unidad de Gestión Municipal del PITRA-LanammeUCR
alonso.ulate@ucr.ac.cr



1. Informe LM-PI-GM-INF-06-2017		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA VARIOS CAMINOS EN DISTRITO CÓBANO, PUNTARENAS.		4. Fecha del Informe Setiembre, 2017
7. Organización y dirección 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		
8. Notas complementarias		
9. Resumen El Departamento de Ingeniería y Construcciones del Concejo Municipal de Distrito de Cóbano, Puntarenas solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para evaluar una fuente de material granular de la zona y realizar estudios preliminares en varios caminos. Se analizó en el laboratorio el material granular de la cantera local Tajo Delicias y los resultados indicaron que es apto para realizar actividades de lastrado y rellenos de préstamo, pero no cumple como base o subbase granular para caminos, de acuerdo a las especificaciones del CR-2010. Se estabilizó el material con emulsión asfáltica tipo CSS-1h, cemento hidráulico y cal hidratada. La mezcla de agregado y emulsión asfáltica no cumplió con el recubrimiento y adhesión mínima requerida, por lo que no se recomienda, mientras que la mezcla con cal fue donde se obtuvo el mejor comportamiento, en cuanto a resistencia a la compresión inconfina. Los caminos evaluados son: C6-01-128 Montezuma, C6-01-038 Delicias, C6-01-001 Santa Teresa y C6-01-037 San Isidro, donde se realizaron conteos vehiculares, sondeos a cielo abierto, ensayos de DCP para estimación de CBR en sitio y muestreo de materiales granulares y suelo existente. Además, se caracterizaron muestras del material granular de rodadura del camino C6-01-001 Santa Teresa y se estabilizó con emulsión, cemento y cal. El comportamiento más adecuado se observó con cal, al obtenerse resistencias a la compresión inconfina equivalentes al cemento pero con dosificaciones menores. Finalmente, se realizan recomendaciones de intervención para las estructuras de pavimentos y se proponen secciones transversales típicas para cada camino. Se recomienda que el Departamento de Ingeniería del Distrito valore las opciones planteadas para determinar el diseño final y que los proyectos de intervención de estos caminos cuenten con los diagramas, planos y especificaciones técnicas correspondientes, así como el control y verificación de calidad durante el proceso constructivo.		
10. Palabras clave Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño de pavimentos, Cóbano, Puntarenas	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 69
13. Preparado por: Ing. Alonso Ulate Castillo, M.Eng Ingeniero Civil, UGM  Fecha: 27/09/17		
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  Fecha: / /	15. Aprobado por: Ing. Luis Guillermo Loria Salazar PhD., Coordinador General PITRA  Fecha: / /	

Índice

1. Introducción y antecedentes	7
2. Ubicación.....	8
3. Alcance.....	10
4. Limitaciones.....	11
5. Metodología.....	12
6. Evaluación de material granular de cantera local <i>Tajo Delicias</i>	14
6.1 Muestreo y caracterización de material granular.	14
6.3 Estabilización del material granular con emulsión asfáltica.....	19
6.4 Estabilización del material granular con cemento hidráulico.	21
6.5 Estabilización del material granular con cal hidratada.....	22
7. Evaluación de los caminos.....	24
7.1 Conteos y estimación de tránsito vehicular.....	24
7.2 Sondeos a cielo abierto y caracterización de muestras de grava y suelo.	25
7.3 Estimación de CBR en sitio con el DCP.	28
7.5 Estabilización de material existente en camino Santa Teresa.	30
8. Recomendaciones para intervención de los caminos.....	38
8.1 Camino C6-01-0128 Montezuma	40
8.2 Camino C6-01-038 Delicias	44
8.3 Camino C6-01-001 Santa Teresa	49
8.4 Camino C6-01-037 San Isidro.....	56
9. Conclusiones	63
10. Recomendaciones.	65
11. Referencias bibliográficas.....	68
12. Anexos	69

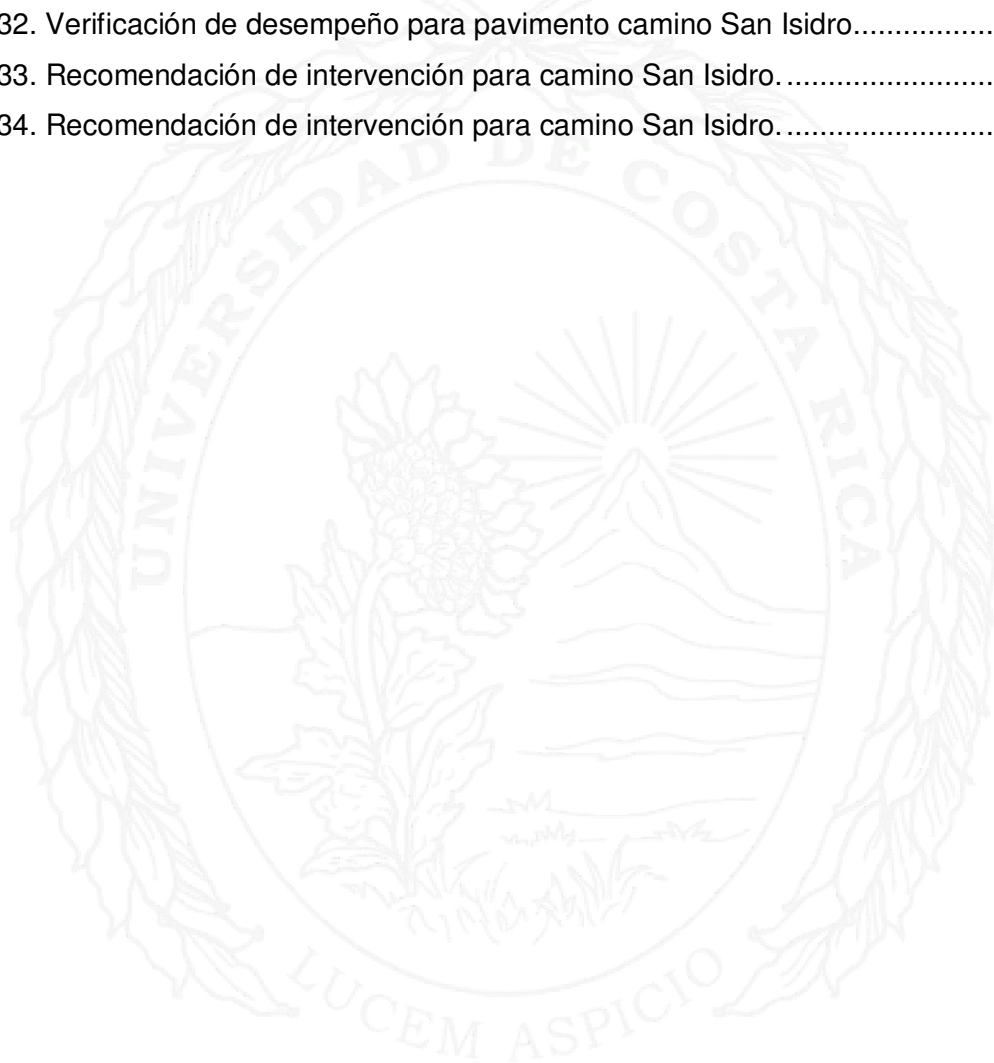
Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los caminos y cantera local incluidos en el estudio.	9
Figura 2. Metodología utilizada en el proceso de asesoría técnica.	12
Figura 3. Muestreo de cantera local <i>Tajo Delicias</i>	15
Figura 4. Granulometría de muestra de agregado Tajo Delicias.	19
Figura 5. Muestras de agregado Tajo Delicias con emulsión asfáltica tipo (CSS-1h).	21
Figura 6. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cemento.	22
Figura 7. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cal.	23
Figura 8. Mapa de ubicación de conteos vehiculares en los caminos evaluados.	24
Figura 9. Ubicación de los sondeos a cielo abierto realizados en los caminos de Cóbano.	26
Figura 10. Sondeos y muestreo de material de capa granular existente en Camino Santa Teresa.	30
Figura 11. Granulometría de material existente en camino Santa Teresa (Sondeo 11).	34
Figura 12. Granulometría de material existente en camino Santa Teresa (Sondeo 12).	35
Figura 13. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cemento (Sondeo 11).	36
Figura 14. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cemento (Sondeo 12).	36
Figura 15. Resultados de falla a la compresión confinada a los 7 días con cal (Sondeo 11).	37
Figura 16. Resultados de falla a la compresión confinada a los 7 días con cal (Sondeo 12).	38
Figura 17. Camino Montezuma C6-01-128.	40
Figura 18. Camino Delicias C6-01-038.	44
Figura 19. Camino Santa Teresa C6-01-001.	49
Figura 20. Camino San Isidro C6-01-037.	56
Figura 21. Tramo 150 m que presenta deformaciones del terraplén del camino San Isidro.	57
Figura 22. Otras zonas con deformaciones de la calzada en camino San Isidro.	58

Índice de tablas

Tabla 1. Caminos incluidos en la asesoría técnica.....	8
Tabla 2. Comparación de granulometría de material del Tajo Delicias con base y subbase CR-2010.	16
Tabla 3. Comparación de granulometría de material del Tajo Delicias con capa granular de rodadura y lastrado CR-2010.....	17
Tabla 4. Comparación de material Tajo Las Delicias con requerimientos de materiales granulares para vías CR-2010.....	18
Tabla 5. Resultados ensayo Límites de Atterberg para material Tajo Delicias.	20
Tabla 6. Resultados de conteos vehiculares y estimación de Ejes Equivalentes (ESAL). 25	
Tabla 7. Muestreo de materiales granulares y suelos en sondeos a cielo abierto.	26
Tabla 8. Resumen de resultados de ensayos de granulometría realizados a los suelos. .	27
Tabla 9. Resumen de resultados de caracterización de materiales muestreados.	27
Tabla 10. Resumen de datos de sondeos a cielo abierto.....	29
Tabla 11. Resultados ensayo Límites de Atterberg para material camino Santa Teresa..	31
Tabla 12. Comparación de granulometría de material del camino Santa Teresa con base y subbase CR-2010.....	32
Tabla 13. Comparación de granulometría de material del camino Santa Teresa con capa granular de rodadura y lastrado CR-2010.....	33
Tabla 14. Especificaciones generales de los materiales utilizados en el diseño.....	39
Tabla 15. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Montezuma.	41
Tabla 16. Cálculo de espesores de pavimento camino Montezuma (AASHTO 93).	42
Tabla 17. Verificación de desempeño para pavimento de camino Montezuma.	42
Tabla 18. Recomendación de intervención para camino Montezuma.	43
Tabla 19. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Delicias.	45
Tabla 20. Cálculo de espesores de pavimento camino Delicias (AASHTO 93).	46
Tabla 21. Verificación de desempeño para pavimento camino Delicias.	46
Tabla 22. Recomendación de intervención para camino Delicias Tramo 1.	47
Tabla 23. Recomendación de intervención para camino Delicias Tramo 2.	48
Tabla 24. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Santa Teresa.	50

Tabla 25. Cálculo de espesores de pavimento camino Santa Teresa (AASHTO 93).	51
Tabla 26. Verificación de desempeño para pavimento camino Santa Teresa.	52
Tabla 27. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramos 1 y 2.	53
Tabla 28. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramo 3.....	54
Tabla 29. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramo 4.....	55
Tabla 30. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino San Isidro.....	59
Tabla 31. Cálculo de espesores de pavimento camino San Isidro (AASHTO 93).....	59
Tabla 32. Verificación de desempeño para pavimento camino San Isidro.....	60
Tabla 33. Recomendación de intervención para camino San Isidro.....	61
Tabla 34. Recomendación de intervención para camino San Isidro.....	62



1. Introducción y antecedentes.

El Concejo Municipal de Distrito de Cóbano, por medio de la Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGV) solicitó en el OFICIO-ING 420-2016 la asesoría técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones de intervención para varios caminos de su red vial, ubicados en Santa Teresa, Delicias, San Isidro y Montezuma.

La Unidad de Gestión Municipal (UGM) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR realizó los trabajos de asesoría solicitados por el concejo municipal de distrito, de conformidad con el inciso j) del art. 6 de la ley N° 8114. Las actividades realizadas incluyen lo siguiente:

- Muestreo y caracterización en laboratorio de material de cantera local (Tajo Delicias) ubicada en las Delicias. Evaluación del material para ser estabilizado con emulsión asfáltica, cemento y cal.
- Conteos vehiculares con equipo automático (radar) en las vías indicadas.
- Sondeos a cielo abierto para medición de espesores, muestreo de material granular y suelos existente en las vías.
- Ensayos de campo para estimar la capacidad de soporte (CBR en sitio) con el Cono de Penetración Dinámico (DCP) en las vías indicadas.
- Análisis de resultados de ensayos de campo y laboratorio.
- Recomendaciones acerca del tipo de intervención para las vías indicadas.

Como antecedente a este informe, se envió el oficio LM-CI-D-0170-17 *Evaluación de material granular y recomendación de intervención de varios caminos*, por medio del cual se informó a la Unidad Técnica de Gestión Vial del Concejo Municipal de Distrito de Cóbano sobre los resultados obtenidos en los sondeos a cielo abierto, caracterización de materiales muestreados, conteos vehiculares y tránsito vehicular de las vías antes indicadas. También se informó sobre los resultados de caracterización del material granular de la cantera local (Tajo Delicias) y posibilidades de estabilización con emulsión asfáltica, cal y cemento. Adicionalmente, se enviaron vía correo electrónico recomendaciones para la intervención del camino C6-01-038 Las Delicias (2.5 km).

El objetivo del presente informe es reunir en un solo documento los resultados obtenidos en el proceso de asesoría técnica realizado hasta el momento, para que sirvan de insumo al Departamento de Ingeniería y Construcciones del Concejo de Distrito de Cóbano (en adelante mencionado como Departamento de Ingeniería del Distrito), en la gestión financiera y formulación técnica final del proyecto de mejoramiento de las vías indicadas.

2. Ubicación

El estudio se realizó en el Distrito de Cóbano, Cantón de Puntarenas, específicamente en los caminos que se muestran en la Tabla 1. Además, se muestra su ubicación en la Figura 1 junto con la cantera local Tajo Delicias.

Tabla 1. Caminos incluidos en la asesoría técnica.

Código	Ubicación	Longitud de estudio (km)	Descripción
C6-01-128	Montezuma	0.5	Delicias-Montezuma
C6-01-038	Delicias	2.5	Escuela Delicias-Plaza Futbol Delicias
C6-01-001	Santa Teresa	8.0 (4 tramos)	Tramo 1: Escuela Malpaís-Playa Malpaís (0.8 km)
			Tramo 2: Playa Mar Azul-Blue Jay Lodge (1.4 km)
			Tramo 3: Intersección Playa Carmen-El Peñón (4.6 km)
			Tramo 4: Escuela Hermosa Valley-Playa Cocal Grande (1.2 km)
C6-01-037	San Isidro	3.5	Cóbano-San Isidro Tratamiento Superficial y Sección en pendiente inestable



Figura 1. Mapa de ubicación de los caminos y cantera local incluidos en el estudio.

3. Alcance

- Este estudio se realizó en los caminos C6-01-128 Montezuma, C6-01-038 Delicias, C6-01-001 Santa Teresa y C6-01-037 San Isidro, en las secciones y longitudes indicadas en el mapa de la Figura 1.
- Las secciones de cada camino que fueron evaluadas se definieron en conjunto con los funcionarios del Departamento de Ingeniería del Distrito, de acuerdo a sus requerimientos y necesidades técnicas.
- Las recomendaciones de intervención incluidas en este informe se ajustan a los resultados de los estudios de campo y ensayos de laboratorio realizados (conteos vehiculares, sondeos a cielo abierto, mediciones con el DCP y ensayos de caracterización de materiales en laboratorio). Además, se aplican las especificaciones de referencia del CR-2010, que se deben cumplir para los materiales a rehabilitar y nuevos.
- En este informe se incluyen los resultados del proceso de evaluación y las recomendaciones de intervención de los caminos indicados, de acuerdo al criterio técnico del LanammeUCR. Sin embargo, el diseño final deberá ser planteado por el Departamento de Ingeniería del Distrito, de acuerdo a su criterio técnico y presupuesto disponible, por medio de planos constructivos y especificaciones técnicas detalladas para la ejecución de los proyectos correspondientes.
- Se realizan las recomendaciones de intervención de los caminos, asumiendo que luego de plantear el diseño final por parte del Departamento de Ingeniería del Distrito, la fase constructiva se ejecutará de manera continua y sin interrupciones, cumpliendo con las especificaciones indicadas para los materiales y procesos constructivos, así como la aplicación de buenas prácticas de ingeniería, lo cual deberá ser comprobado por medio de un proceso de control y verificación de calidad.

4. Limitaciones

- Los ensayos de campo y laboratorio efectuados para las muestras de suelos y materiales granulares del sitio, se ajustan a los requerimientos mínimos de estudios preliminares para este tipo de vías, clasificadas como caminos de bajo volumen o vecinales.
- El diseño de las estructuras de pavimento se realizó por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, y se verificó su desempeño por medio de las recomendaciones indicadas en el documento *LM-PI-GM-INF-22-2014 Recomendaciones Técnicas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con la Incorporación de Criterios Mecánico-Empíricos* del LanammeUCR, que se basa en la Guía MEPDG de la AASHTO. Estas metodologías fueron generadas para materiales, condiciones climáticas y cargas vehiculares de otros países o regiones que podrían diferir de las condiciones y materiales encontrados y a incorporar en las vías estudiadas.
- Las recomendaciones de intervención se ajustan a las dimensiones mínimas requeridas en cuanto a la superficie de ruedo y derecho de vía disponible, según lo observado en sitio por el LanammeUCR. Esto deberá ser revisado y confirmado por parte del Departamento de Ingeniería del Distrito, de acuerdo a su registro vial y demás condiciones particulares que considere necesarias.
- Las recomendaciones de intervención del camino San Isidro, específicamente en el tramo de 150m donde se presenta inestabilidad del terraplén del camino, se realizan con el objetivo de mejorar las condiciones de drenaje pluvial y subterráneo del sitio, así como la estructura de pavimentos. Sin embargo, podrían existir problemas de inestabilidad de la ladera donde se ubica el camino, que quedan fuera del alcance de la evaluación realizada por el LanammeUCR. Se recomienda que esto sea evaluado por un geólogo o ingeniero geotecnista, que pueda determinar si existe algún movimiento de tierra en masa en el sitio y las acciones a llevar a cabo.

5. Metodología

El proceso de asesoría técnica se llevó a cabo siguiendo una secuencia de actividades que se reúnen en cuatro grupos como se resumen en la Figura 2.



Figura 2. Metodología utilizada en el proceso de asesoría técnica.

La información de campo fue generada por personal profesional y técnico del LanammeUCR, quien efectuó las visitas al sitio en conjunto con el Departamento de Ingeniería del Distrito, con quienes se definió la ubicación de los conteos, sondeos y sitios de muestreo tanto en las vías existentes como la cantera local (Tajo Delicias). Esta etapa incluyó la realización de cinco conteos vehiculares con equipo automático tipo radar, que tienen la capacidad de clasificar el tránsito en cinco categorías. Se definieron 8 sitios de sondeos a cielo abierto, donde se excavó de manera manual o con maquinaria tipo *back hoe* suministrado por el Departamento de Ingeniería del Distrito. Se realizó medición de espesores de capas granulares existentes, se tomaron muestras de los materiales granulares y se realizaron ensayos con el Cono de Penetración Dinámico (DCP, por sus siglas en inglés). Además, se tomaron muestras del material granular de la cantera local (Tajo Delicias).

En el laboratorio se realizaron ensayos para caracterizar, las muestras de suelo y materiales granular obtenidas en los sitios de sondeo y también el material granular de la cantera local (Tajo Delicias), al cual se le realizaron ensayos adicionales para estimar su comportamiento al mejorarlo o estabilizarlo con emulsión asfáltica, cemento y cal.

Durante el procesamiento de datos, se calculó el tránsito vehicular y se estimaron las cargas vehiculares en Ejes Equivalentes de Diseño (ESAL). Se estimó el aporte en la capacidad de soporte (CBR en sitio) de la capas de material granular y suelo existente en las vías a partir de los ensayos de DCP. Se clasificaron los suelos y materiales granulares obtenidos de los sondeos y se evaluaron los resultados obtenidos con las muestra de la cantera local (Tajo Delicias) al ser mejorado o estabilizado con emulsión asfáltica, cemento y cal.

Se utilizó la metodología AASHTO 93 para realizar los cálculos y recomendaciones referentes a las estructuras de pavimento y se realizan verificaciones de desempeño por medio de modelos mecanístico empíricos. Finalmente, se sugieren secciones transversales típicas para cada una de las vías estudiadas, de acuerdo a las condiciones observadas en el sitio.

6. Evaluación de material granular de cantera local *Tajo Delicias*.

De acuerdo a las indicaciones de los funcionarios del Departamento de Ingeniería del Distrito, se visitó una cantera local privada denominada *Tajo Delicias* ubicada en San Isidro de Cóbano, de la cual se obtiene material granular por donación para ser utilizado en rellenos granulares y como superficie de ruedo expuesta en caminos de la zona. La fuente de agregados es informal y se extrae directamente de las paredes y taludes excavados con maquinaria, sin realizar selección, tamizado, quebrado o lavado del material. La ubicación de la cantera se muestra en la Figura 1.

6.1 Muestreo y caracterización de material granular.

Se tomaron dos muestras de la cantera del material suelto disponible en el momento de la visita al sitio. Se tomó muestra de una veta superior y otra de la veta inferior como se observa en la Figura 3, las cuales fueron combinadas para obtener una muestra homogénea. Los ensayos de laboratorio que se realizaron para evaluar la calidad del material granular fueron los siguientes:

- Análisis de granulometría (ASTM C136)
- Límites de Atterberg (AASHTO T89 Y T90)
- Abrasión Los Ángeles (ASTM C131)
- Índice de Durabilidad (ASTM D3744)

En el Anexo 1 se adjunta los Informes I-1545-16, I-0164-17, I-0262-17 y I-0267-17 los cuales contienen los resultados de los ensayos de laboratorio indicados.

Las Tablas 2 y 3 muestra el resumen de los resultados del ensayo de análisis de granulometría y la comparación respecto a la especificación para materiales de base y subbase indicada en la Sección 703.05 y otros materiales granulares indicados en el CR-2010. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos para Límites de Atterberg, Índice de Durabilidad, Caras Fracturadas y Abrasión, en comparación con las especificaciones del CR-2010.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras tomadas por el LanammeUCR, indican que el agregado posee exceso de finos plásticos y es susceptible

a la degradación por humedad. Esto indica que no cumple con las especificaciones de base y subbase del CR-2010, sin embargo el material podría utilizarse para otras actividades como capas granulares de rodadura o lastrados para dar transitabilidad a vías en tierra.



Figura 3. Muestreo de cantera local *Tajo Delicias*.

Tabla 2. Comparación de granulometría de material del Tajo Delicias con base y subbase CR-2010.

Abertura de malla	% por peso pasando						Comentario
	Subbase Grad A	Subbase Grad B	Base Grad C	Base Grad D	Base Grad E	Material granular Tajo Las Delicias	
63mm	100	-	-	-	-	96.8	El material granular del Tajo Delicias no presenta una granulometría controlada y por lo tanto será variable conforme se extraiga, ya que la cantera no cuenta con un proceso de selección ni quebrado. Al comparar la granulometría de la muestra extraída, existe un leve porcentaje de sobre tamaño en las mallas 63mm, 50mm y 37.5mm, tanto respecto a las subbases como a las bases granulares (datos marcados en color rojo).
50mm	97-100	100	100	-	-	92.5	
37,5mm	-	97-100	-	-	-	86.0	
25mm	65-79 (6)	-	80-100 (6)	100	-	75.1	
19mm	-	-	64-94 (6)	86-100 (6)	100	68.5	
12,5mm	45-59(7)	-	-	-	-	58.7	
9,5mm	-	-	-	51-82 (6)	62-90 (6)	52.1	
4,75mm	28-42(6)	40-60(8)	40-69 (6)	36-64 (6)	46-74 (7)	37.1	
0,425mm	9-17(4)	-	31-54 (4)	12-26 (4)	12-26 (4)	15.9	
0,075mm	4-8(3)	4-12(4)	4-7 (3)	4-7 (3)	4-7 (3)	9.3	

Tabla 3. Comparación de granulometría de material del Tajo Delicias con capa granular de rodadura y lastrado CR-2010.

Abertura de malla	% por peso pasando							Comentario	
	Capa granular de rodadura (Sección 311)						Lastrado (Sección 312)		Material granular Tajo Las Delicias
	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c			
70mm	-	-	-	-	-	-	100	98	Al comparar la granulometría de la muestra de Tajo Delicias, se observa que posee un exceso de sobre tamaño en las mallas 50mm y 70mm, para Capa granular de rodadura y Lastrado respectivamente. En las mallas intermedias, se observa una curva granulométrica aceptable en la mayoría de casos. La parte fina no cumple con TM-40a, TM-40b pues contiene exceso de finos y tampoco de ajusta a Lastrado pues contiene una leve falta de finos.
50mm	100	100	100	-	-	-	-	92	
40mm	-	70-100	-	100	100	100	-	87	
25mm	55-100	55-85	70-100	70-100	70-100	80-100	-	77	
20mm	-	45-75	60-90	50-80	50-80	-	-	66	
10mm	30-75	35-65	40-75	25-50	25-50	50-80	-	49	
4.75mm	20-65	25-55	30-60	10-30	10-30	35-65	30-70	37	
2.5mm	-	-	-	5-15	5-15	-	-	27	
2.0mm	10-50	15-45	15-45	-	-	25-50	-	23	
0.2mm	5-30	5-25	10-30	0-5	0-5	15-30	-	13	
0.08mm	0-20	0-10	0-15	0-3	0-3	5-20	10-15	9.3	

Tabla 4. Comparación de material Tajo Las Delicias con requerimientos de materiales granulares para vías CR-2010.

Propiedades del agregado	Especificaciones CR-2010			Material granular Tajo Delicias, Cóbano	Cumple ?	Comentarios
	Base y Subbase (Sección 301)	Capa Granular de Rodadura (Sección 311)	Lastrado (Sección 312)			
Límite Líquido (LL)	35 máximo	-	35 máximo	56	No	El agregado posee finos plásticos que lo hacen incumplir la especificación de LL e IP.
Índice de Plasticidad (IP)	4-10	4-12	6-12	19	No	
Índice de Durabilidad	35 mínimo	Material que no se quiebre en ciclo humedad-sequedad	-	21	No	El agregado no cumple con el Índice de Durabilidad, que representa la resistencia relativa del material para quebrarse y para producir finos arcillosos cuando es sometido a humedad y degradación mecánica.
Caras fracturadas	Mínimo 50%	Mínimo 50%	-	100%	Si	
Abrasión Los Ángeles	50% máximo	-	50% máximo	39.1%	Si	El agregado es anguloso y a pesar de presentar degradación moderada por abrasión, cumple la especificación del CR-2010 en este aspecto.

Se recomienda consultar con profesionales expertos en geología, para que realicen un proceso de análisis más detallado en la cantera, de forma que se pueda determinar el tipo y origen de las rocas, volumen de material disponible, impacto ambiental asociado y demás elementos relacionados. De esta manera se podría estimar el potencial y factibilidad de explotación de la cantera, así como el establecimiento de un proceso formal de extracción, selección, quebrado y lavado de los agregados.

6.3 Estabilización del material granular con emulsión asfáltica.

Se realizó la evaluación de la muestra de material granular en el Tajo Delicias de acuerdo a lo indicado en el documento: *Procedimiento de Diseño de Mezcla, Guía para el Diseño de Materiales Estabilizados con Emulsión y Ensayos de Control de Calidad del LanammeUCR (2013)*. El informe de laboratorio I-1545-16 (Anexo 1) contiene el detalle de los ensayos de laboratorio realizados y a continuación se resumen los resultados:

- a) **Granulometría:** se comparó la granulometría de la muestra de agregado del *Tajo Delicias* (Tabla 2), con los requerimientos (límite superior e inferior) indicados en la guía de diseño de mezcla ya mencionada. La Figura 4 muestra que el material granular se acerca al límite inferior recomendado para la mayoría de los tamices, pero tiene un leve exceso de partículas gruesas en los tamices de 37.5 mm, 50 mm y 64 mm. Además, se acerca al límite superior sin excederlo, en la proporción fina en cuanto a la malla No. 200. Esto significa que contiene una leve proporción de sobre-tamaños y está cerca del límite aceptable de finos.

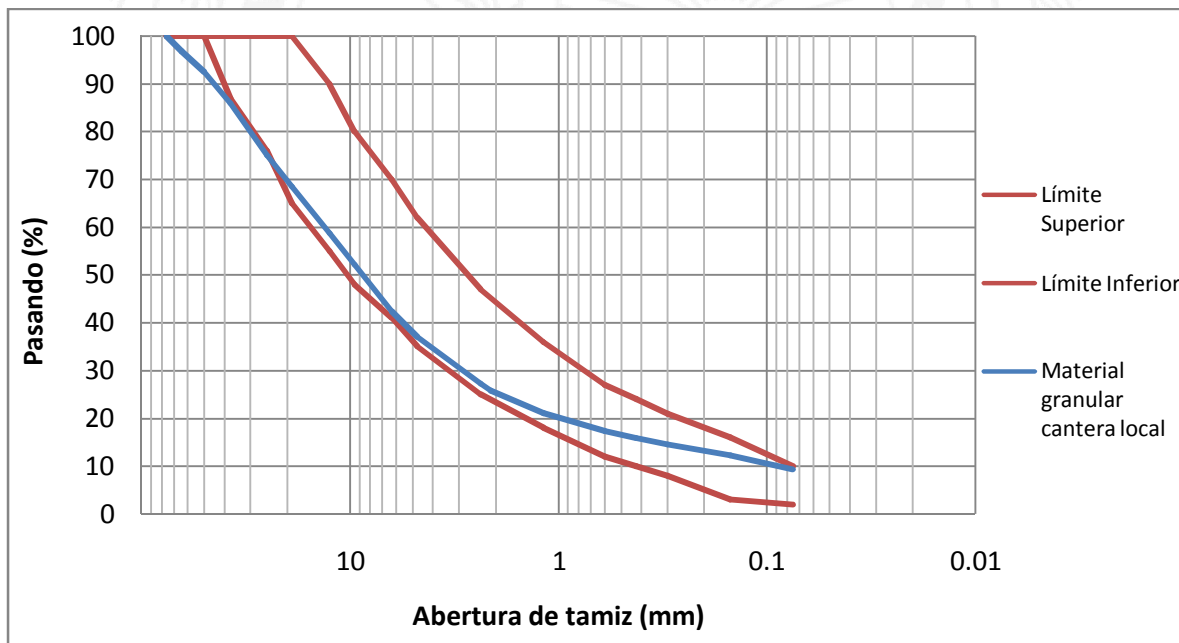


Figura 4. Granulometría de muestra de agregado Tajo Delicias.

- b) **Plasticidad:** en el ensayo de Límites de Atterberg se obtuvo el siguiente resultado que se muestra en la Tabla 4. Se puede observar que el agregado tiene finos plásticos en alta proporción.

Tabla 5. Resultados ensayo Límites de Atterberg para material Tajo Delicias.

Limite líquido (LL)	56
Limite plástico (LP)	37
Índice plasticidad (IP)	19

- c) **Relación densidad-humedad (Proctor Modificado):** se obtuvo una densidad máxima seca de 1635.4 kg/m³ y un contenido de humedad óptimo de 19%.

- d) **Dosificación de asfalto:** se utilizó emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento tipo CSS-1h suministrada por RECOPE. La metodología de diseño recomienda realizar pruebas con dosificaciones de asfalto residual entre 2 y 3%. De acuerdo a la granulometría, plasticidad y relación densidad-humedad del agregado, se realizaron las pruebas con dosificación de emulsión asfáltica de 3.7% (2.4% de asfalto residual).

El comportamiento de la mezcla con la dosificación indicada no fue satisfactorio debido a la plasticidad del agregado (LL=56, IP=19), por lo que se decidió pre-tratarlo con 0.8% de cal hidratada para reducir plasticidad, volverlo a mezclar con 3.7% de emulsión asfáltica y dosificar un 1.0% de cal adicional como relleno mineral para evaluar el recubrimiento y adhesión como de indica a continuación.

- e) **Recubrimiento y adhesión:** se evalúa como se recubren las partículas del agregado con la película de asfalto durante el proceso de mezclado y rompimiento de la emulsión.

Luego se sumerge la mezcla de agregado-asfalto en agua hirviendo durante 3 minutos y se evalúa el desnudamiento de la película de asfalto de las partículas del agregado que está relacionado con el grado de adhesión que existe entre el agregado y el asfalto.

El resultado de recubrimiento para la muestra de agregado de Tajo Delicias fue de 1.2% de recubrimiento y 1% de adherencia. Lo recomendado por la metodología

de diseño es que el resultado de ambos ensayos sea lo más cercano a 100% y se considera como mínimo aceptable un 60%.

La Figura 5 muestra la mezcla de agregado, emulsión asfáltica y cal, en todos los casos se observa como el recubrimiento es mínimo, prácticamente las partículas conservan su color original y no se aprecia la película de asfalto esperada.



Figura 5. Muestras de agregado Tajo Delicias con emulsión asfáltica tipo (CSS-1h).

6.4 Estabilización del material granular con cemento hidráulico.

Se elaboraron especímenes de laboratorio del agregado estabilizado con 2.5%, 3.0% y 3.5% de cemento hidráulico. Los resultados de falla a la compresión inconfiada a los 7 días se muestran en la Figura 6.

La especificación del CR-2010 Tabla 304-1, indica que se requiere de una resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de 2.8 MPa mínimo (28 Kg/cm²).

Los resultados de resistencia a la compresión inconfiada indican que se requiere aproximadamente una dosificación de 4.7% de cemento para alcanzar la resistencia de la especificación. Esto podría resultar en una solución costosa y además existe la posibilidad de que se presente agrietamientos por contracción debido a la alta dosificación de cemento.

Dado lo anterior, se podría utilizar el agregado para construir capas granulares mejoradas con cemento hidráulico en dosificaciones entre 2.5% y 3.5%, con una resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días entre 0.8 MPa (9 kg/cm²) y 1.8 MPa (19 kg/cm²) respectivamente.

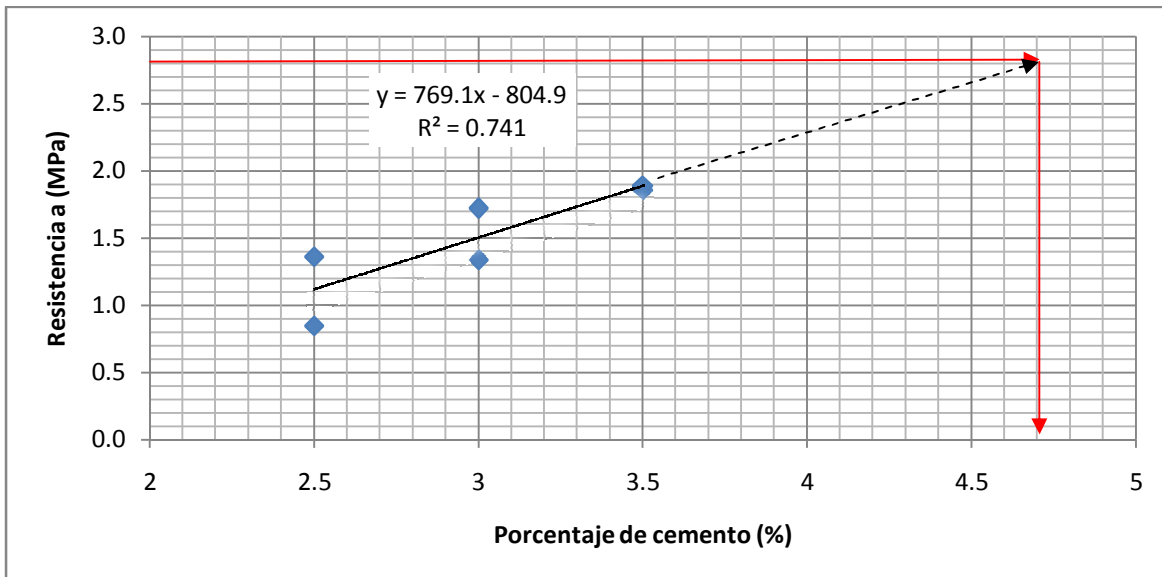


Figura 6. Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días con cemento.

6.5 Estabilización del material granular con cal hidratada.

Se elaboraron especímenes de laboratorio con dosificaciones de 0.8%, 1.8% y 2.8% de cal hidratada (Ca[OH]₂) para evaluar el comportamiento del material con este aditivo.

Los resultados de resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días que se muestran en la Figura 7, indican que no se alcanza la resistencia mínima de 2.8 MPa (28 kg/cm²) con las dosificaciones indicadas. Se requiere de 3.5% de cal para alcanzar la resistencia especificada. Sin embargo, se obtienen resistencias mayores con dosificaciones de cal menores a las de cemento hidráulico.

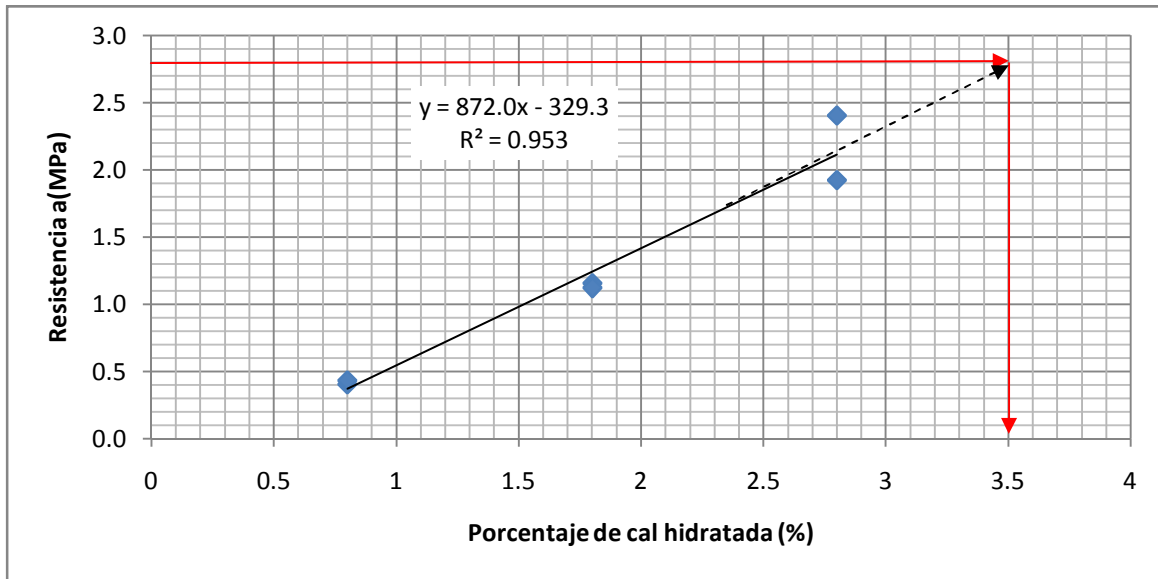


Figura 7. Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días con cal.

Lo anterior indica que la utilización de cal es más eficiente que el cemento hidráulico para estabilizar o mejorar este material en su condición actual. Se podría utilizar dosificaciones entre 1.5% y 2.8% de cal hidratada para obtener capas granulares mejoradas con cal hidratada, con resistencia entre 1.0 MPa (10 Kg/cm²) y 2.2 MPa (22 Kg/cm²) respectivamente.

7. Evaluación de los caminos.

Los ensayos de campo incluyeron conteos vehiculares, sondeos a cielo abierto, muestreo de material granular existente y suelos y ensayos de DCP. Además, se realizaron ensayos de laboratorio para caracterización de los suelos como se indica a continuación.

7.1 Conteos y estimación de tránsito vehicular.

Se realizaron cinco conteos vehiculares con equipo automático neumático y de radar, cuyos resultados se adjuntan en el Anexo 3. La ubicación de los conteos se puede observar en el mapa de la Figura 8 y fotografías de la Figura 8. Los resultados de tránsito vehicular y Ejes Equivalentes (ESAL) se resumen en la Tabla 6.

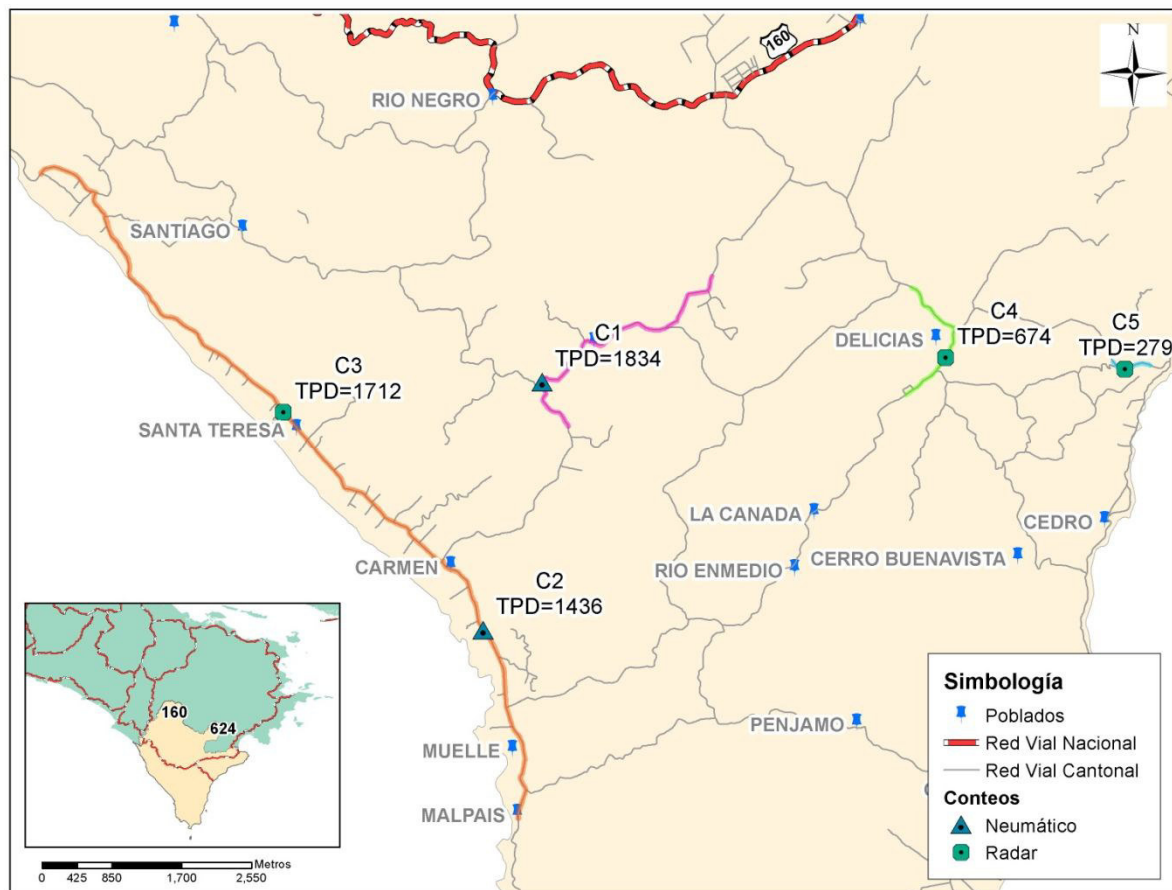


Figura 8. Mapa de ubicación de conteos vehiculares en los caminos evaluados.

Tabla 6. Resultados de conteos vehiculares y estimación de Ejes Equivalentes (ESAL).

Conteo	Lugar	Tipo de contador	TPD	% pesados	Ejes Simples Equivalentes (ESAL)		
					8 años	10 años	15 años
1	Santa Teresa	Radar	1712	8.9%	352 273	459 010	765 530
2	Malpaís	Neumático	1436	3.9%	78 130	101 803	169 785
3	San Isidro	Neumático	1834	8.5%	287 834	375 047	625 497
4	Delicias	Radar	674	12.0%	108 270	141 075	235 283
5	Montezuma	Radar	279	2.2%	8 020	10 450	17 428

7.2 Sondeos a cielo abierto y caracterización de muestras de grava y suelo.

Se realizaron 12 sondeos a cielo abierto en los caminos de Cóbano, en las ubicaciones mostradas en mapa de la Figura 9. Los datos registrados en el sitio de cada sondeo se pueden observar en los formularios del Anexo 4.

Los sondeos a cielo abierto o calicatas se excavaron hasta llegar a la profundidad donde se encontrara el suelo de subrasante o hasta una profundidad máxima de 1 m. Durante esta actividad, se midieron los espesores de las capas de grava o suelo existentes, se realizó una caracterización visual en sitio de los materiales de suelo y granulares existentes, se tomaron muestras para analizar en el laboratorio y se midió la capacidad de soporte del suelo (CBR en sitio) por medio del Cono de Penetración Dinámico (DCP).

La Tabla 7 resume el muestreo de materiales durante los sondeos a cielo abierto. Los informes de laboratorio I-1589-16 que se adjuntan en el Anexo 5 contienen el detalle de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de material granular y suelo de los sondeos. En las Tabla 8 y 9 se resume de los resultados de caracterización, de acuerdo a los ensayos básicos de Análisis Granulométrico y Límites de Atterberg respectivamente, cuyos resultados se utilizaron para clasificarlos por medio de las metodologías SUCS y ASSHTO.

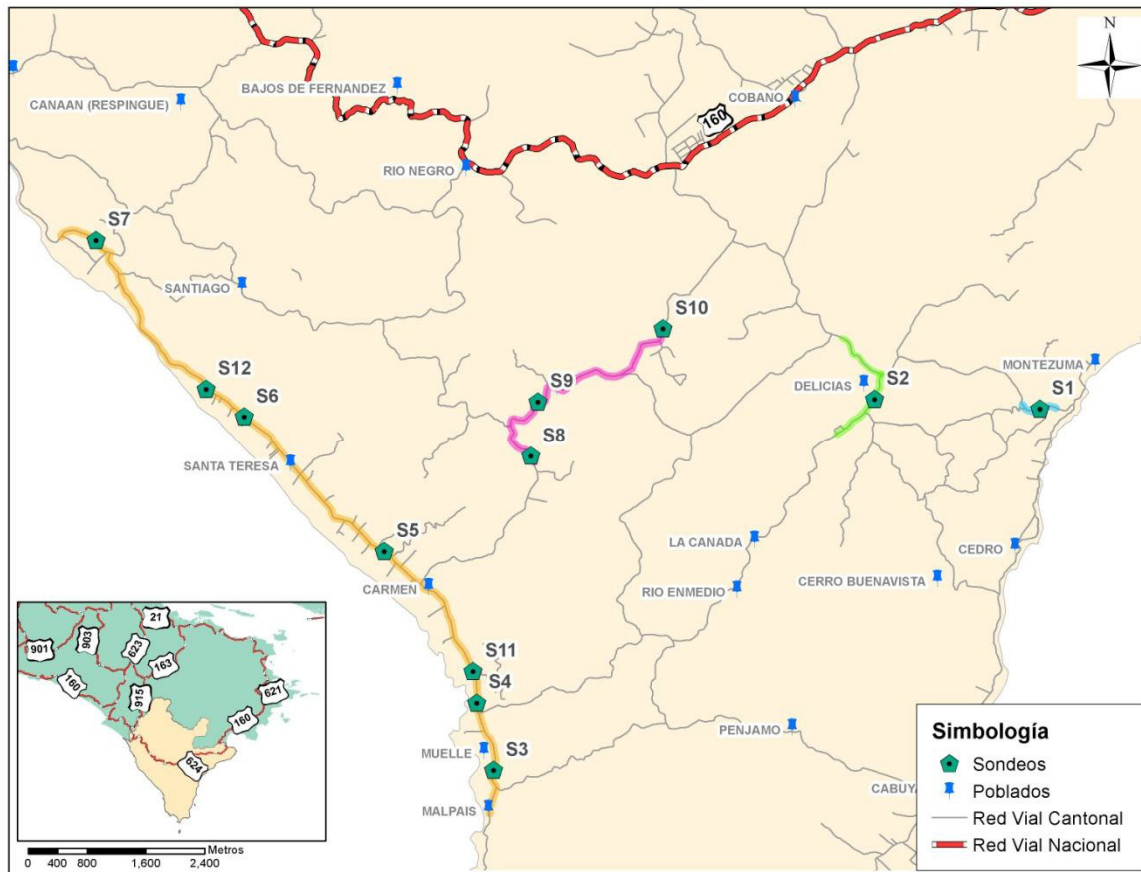


Figura 9. Ubicación de los sondeos a cielo abierto realizados en los caminos de Cóbano.

Tabla 7. Muestreo de materiales granulares y suelos en sondeos a cielo abierto.

Sondeo	Camino	Materiales muestreados	Número de muestra
1	Montezuma	Material de rasante existente (mezcla de agregado y suelo)	2618-19
2	Delicias	Material de rasante existente (mezcla de agregado y suelo)	2619-16
4	Santa Teresa	Material de subrasante (suelo)	2620-16
5		Material de subrasante (suelo)	2621-16
6		Material de subrasante (suelo)	2622-16
7		Material de subrasante (suelo)	2623-16
8	San Isidro	Material de subrasante (suelo)	2624-16
		Material de subrasante (suelo)	0341-17
11	Santa	Material granular de rasante (mezcla agregado y suelo)	0339-17
12	Teresa	Material granular de rasante (mezcla agregado y suelo)	0340-17

Tabla 8. Resumen de resultados de ensayos de granulometría realizados a los suelos.

Sondeo	Camino	Porcentaje Pasando				FG	FS	CF
		N°4	N°10	N°40	N°200	(% grava)	(% arena)	(% finos)
1	Montezuma	69.3	56.1	41.8	29	30.7	40.3	29.0
2	Delicias	83.5	76.4	67.7	57.7	16.5	25.8	57.7
4	Santa Teresa	76.3	67.8	60.3	48.9	23.7	27.4	48.9
5		55.8	43.6	29.6	18.5	44.2	37.3	18.5
6		58.6	50	40.9	28.8	41.4	29.8	28.8
7		61.2	50.5	40.6	31	38.8	30.2	31.0
8		San Isidro	98.6	97.9	96.9	86.9	1.4	11.7
11	Santa Teresa	61.9	47.6	31.6	18.1	81.9	18.1	61.9
12		77.8	65	50.4	34	66	34	77.8

Tabla 9. Resumen de resultados de caracterización de materiales muestreados.

Sondeo	Camino	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO	Nombre ASTM D-2487
1	Montezuma	34	24	10	SM	A-2-4(0)	Arena limosa con grava
2	Delicias	57	34	23	MH	A-7-5(12)	Limo elástico arenoso con grava
4	Santa Teresa	63	36	27	SM	A-7-5(10)	Arena limosa con grava
5		35	22	13	GC	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con arena
6		49	31	18	GM	A-2-7(0)	Grava limosa con arena
7		48	30	18	GM	A-2-7(0)	Grava limosa con arena
8		San Isidro	53	29	27	CH	A-7-6(26)
11	Santa Teresa	39	28	11	SM	A-2-6(0)	Arena limosa con grava
12		64	35	29	SM	A-2-7(3)	Arena limosa con grava

7.3 Estimación de CBR en sitio con el DCP.

Se realizaron 10 ensayos del Cono de Penetración Dinámico (*DCP*, por sus siglas en inglés) en los sondeos a cielo abierto para estimar la capacidad de soporte CBR en sitio de las capas de material granular y suelo existentes en los caminos evaluados. Los gráficos de estimación del CBR en sitio se adjuntan en el Anexo 6. Para facilitar el análisis de datos, se definieron capas de pavimento típicas de acuerdo a lo indicado en la Tabla 9. Luego se asignó el espesor de capa y CBR en sitio promedio estimado para cada sondeo como se muestra en la Tabla 10 y se resume a continuación:

- Camino Montezuma: se observa que se tiene una capa de material granular combinado con suelo de espesor cercano de 10 cm sobre suelos limosos arenosos con moderada capacidad de soporte. Además, se observó en algunas zonas el afloramiento de una capa de roca muy cercana a la superficie.
- Camino Delicias: se tiene una capa de suelo con alguna presencia de partículas de grava en un espesor entre 20 y 25 cm de espesor, sobre suelo subrasante limoso arenoso con moderada capacidad de soporte.
- Camino Santa Teresa: tiene una capa de ruedo material granular combinada con suelo en espesor variable entre 10 y 25 cm sobre una capa de relleno de material granular combinado con suelo en espesor variable entre 20 y 60 cm sobre suelo subrasante limoso arenoso de baja capacidad de soporte. En este camino existen tramos con mayor espesor de material granular que otros, debido a las actividades de mantenimiento que se han realizado a lo largo de los años, aplicación de emulsión asfáltica y melaza para control de polvo.
- Camino San Isidro: cuenta con un Tratamiento Superficial Bituminoso (TSB) como superficie de ruedo, una capa de material granular mezclado con cemento en un espesor entre 20 y 40 cm. El suelo subrasante es arcilloso de color rojizo, de alta plasticidad muy susceptible a la humedad. Se identificaron al menos tres secciones del camino (cerca de sondeos 8, 9 y 10) donde se han generado severas deformaciones del suelo debido a la falta de elementos de drenaje pluvial (cunetas y pasos de alcantarilla). La humedad acumulada en estos sectores ha provocado inestabilidad del suelo de subrasante y se han generado severas deformaciones en la base y superficie de ruedo. El tramo de 150 m donde se realizó el sondeo 8,

corresponde a una sección con pendiente que presenta los mayores problemas por inestabilidad de la subrasante, falta de cunetas y drenaje de nivel freático. Esto se puede observar en las fotografías del sondeo 8 (Anexo 4).

Tabla 10. Resumen de datos de sondeos a cielo abierto.

Camino	Sondeo	Datos	Capas de material granular y suelos existentes					
			SA/TSB	CGR/BG	RE1	RE2	SR1	SR2
Montezuma	1	Espesor (cm)	-	10	-	-	25	>45
		CBR sitio promedio	-	20%	-	-	14%	77%
Delicias	2	Espesor (cm)	-	25	-	-	25	>30
		CBR sitio promedio	-	7%	-	-	11%	10%
Santa Teresa	3	Espesor (cm)	-	25	20	-	35	>10
		CBR sitio promedio	-	50%	100%	-	34%	10%
	4	Espesor (cm)	-	20	>60	-	-	-
		CBR sitio promedio	-	21%	31%	-	-	-
	5	Espesor (cm)	10	15	40	-	>15	-
		CBR sitio promedio	-	90%	17%	-	5%	-
	6	Espesor (cm)	-	25	25	25	>15	-
		CBR sitio promedio	-	41%	27%	43%	11%	-
	7	Espesor (cm)	-	10	30	-	>45	-
		CBR sitio promedio	-	37%	53%	-	15%	-
San Isidro	8	Espesor (cm)	-	20	-	-	40	>30
		CBR sitio promedio	-	12%	-	-	7%	9%
	9	Espesor (cm)	2.5	30	>60	-	-	-
		CBR sitio promedio	-	4%	68%	-	-	-
	10	Espesor (cm)	2.5	40	-	-	>50	-
		CBR sitio promedio	-	23%	-	-	13%	-

7.5 Estabilización de material existente en camino Santa Teresa.

Luego de realizar la caracterización y estabilización del material granular del Tajo Delicias, (explicados en el apartado 6 de este documento), se realizó un muestreo adicional del material granular existente en la superficie de ruedo expuesta del camino C6-01-001 Malpaís-Santa Teresa-Playa Hermosa con el objetivo de caracterizarlo y evaluarlo para ser estabilizado.

Se realizaron dos sondeos adicionales (Sondeo 11 y 12) en la ubicación mostrada en el mapa de la Figura 9. En estos sondeos se tomó una muestra del material de la capa granular de existente, como se observa en la Figura 10. Este material corresponde a una mezcla de agregado extraído de la cantera local Tajo Delicias, combinado con suelo y otros agregados del sitio, según la indicación de los funcionarios del Departamento de Ingeniería del Distrito.



Figura 10. Sondeos y muestreo de material de capa granular existente en Camino Santa Teresa.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para la caracterización del material granular existente en la superficie de ruedo expuesta se adjuntan en el ANEXO 7, Informe de laboratorio I-0790-17 y se resumen a continuación:

- a) **Granulometría:** se obtuvo la granulometría de las dos muestras de agregado existente en la superficie de ruedo del camino Santa Teresa. Se comparó con la granulometría de bases y subbases (Tabla 13), de capa granular de rodadura y lastrado (Tabla 14) según lo indicado por el CR-2010. Se determinó el material posee una leve proporción de sobre tamaños, pero notable exceso de finos, posiblemente al haberse combinado con suelo del sitio.
- b) **Plasticidad:** se puede observar en la Tabla 12 que el material posee finos plásticos en exceso para ambos casos, siendo más notable en el Sondeo 12.

Tabla 11. Resultados ensayo Límites de Atterberg para material camino Santa Teresa.

Parámetro	Especificaciones CR-2010			Material camino Santa Teresa	
	Base y Subbase (Sección 301)	Capa Granular de Rodadura (Sección 311)	Lastrado (Sección 312)	Sondeo 11	Sondeo 12
Límite líquido (LL)	35 max	-	35 max	39	64
Límite plástico (LP)	-	-	-	28	35
Índice plasticidad (IP)	4-10	4-12	6-12	11	29

Tabla 12. Comparación de granulometría de material del camino Santa Teresa con base y subbase CR-2010.

Abertura de malla	% por peso pasando							Comentario
	Subbase Grad A	Subbase Grad B	Base Grad C	Base Grad D	Base Grad E	Material granular Camino Santa Teresa		
						Sondeo 11	Sondeo 12	
63mm	100	-	-	-	-	100	100	<p>El material granular del camino Santa Teresa no cumple con la granulometría de bases y subbases según el CR-2010.</p> <p>Al comparar la granulometría de la muestra extraída, existe un leve porcentaje de sobre tamaño en las mallas de 37.5mm y 12.5mm, tanto respecto a las subbases como a las bases granulares.</p> <p>En la parte fina se tiene un exceso de material pasando la malla 200 (0.075mm), lo que puede indicar que el material está combinado con partículas de suelo fino.</p>
50mm	97-100	100	100	-	-	100	100	
37,5mm	-	97-100	-	-	-	96.2	93.6	
25mm	65-79 (6)	-	80-100 (6)	100	-	93.0	92.4	
19mm	-	-	64-94 (6)	86-100 (6)	100	89.8	89.1	
12,5mm	45-59(7)	-	-	-	-	82.1	86.1	
9,5mm	-	-	-	51-82 (6)	62-90 (6)	76.7	84.6	
4,75mm	28-42(6)	40-60(8)	40-69 (6)	36-64 (6)	46-74 (7)	61.9	77.8	
0,425mm	9-17(4)	-	31-54 (4)	12-26 (4)	12-26 (4)	31.6	50.4	
0,075mm	4-8(3)	4-12(4)	4-7 (3)	4-7 (3)	4-7 (3)	18.7	34.0	

Tabla 13. Comparación de granulometría de material del camino Santa Teresa con capa granular de rodadura y lastrado CR-2010.

Abertura de malla	% por peso pasando									Comentario
	Capa granular de rodadura (Sección 311)						Lastrado (Sección 312)	Material granular Camino Santa Teresa		
	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c		Sondeo 11	Sondeo 12	
70mm	-	-	-	-	-	-	100	100	100	<p>Al comparar la granulometría del material del camino Santa Teresa se observa que no se cumple con lo indicado por el CR-2010 para capa granular de rodadura ni lastrado.</p> <p>El material una leve proporción de sobre tamaño en la malla de 40mm (celdas color amarillo).</p> <p>La parte fina no cumple para la mayoría de las granulometrías especificadas por el CR-2010, dado que el material muestra exceso de partículas finas, posiblemente al combinarse con suelo fino.</p>
50mm	100	100	100	-	-	-	-	100	100	
40mm	-	70-100	-	100	100	100	-	97	95	
25mm	55-100	55-85	70-100	70-100	70-100	80-100	-	94	93	
20mm	-	45-75	60-90	50-80	50-80	-	-	90	89	
10mm	30-75	35-65	40-75	25-50	25-50	50-80	-	78	85	
4.75mm	20-65	25-55	30-60	10-30	10-30	35-65	30-70	62	77	
2.5mm	-	-	-	5-15	5-15	-	-	51	70	
2.0mm	10-50	15-45	15-45	-	-	25-50	-	47	64	
0.2mm	5-30	5-25	10-30	0-5	0-5	15-30	-	26	41	
0.08mm	0-20	0-10	0-15	0-3	0-3	5-20	10-15	19	34	

c) **Estabilización del material granular con emulsión asfáltica:** se comparó el material del camino Santa Teresa con las indicaciones de la guía de diseño para ser estabilizado con emulsión asfáltica, como se muestra en las Figuras 11 y 12. Se observó que el material no cumple con los límites recomendados de granulometría, ya que posee una leve proporción de sobre tamaños y un exceso notable de finos por presencia de suelo. La plasticidad de los finos excede lo recomendado como se muestra en la Tabla 12. Se procedió a realizar la mezcla con emulsión asfáltica en laboratorio, sin embargo el comportamiento en cuanto a recubrimiento y adherencia fue muy similar al del material de la cantera local Tajo Delicias. Debido a la granulometría, plasticidad y comportamiento durante el proceso de mezcla, no se recomienda la estabilización de este material con emulsión asfáltica, ya que podría presentar desprendimientos de forma acelerada.

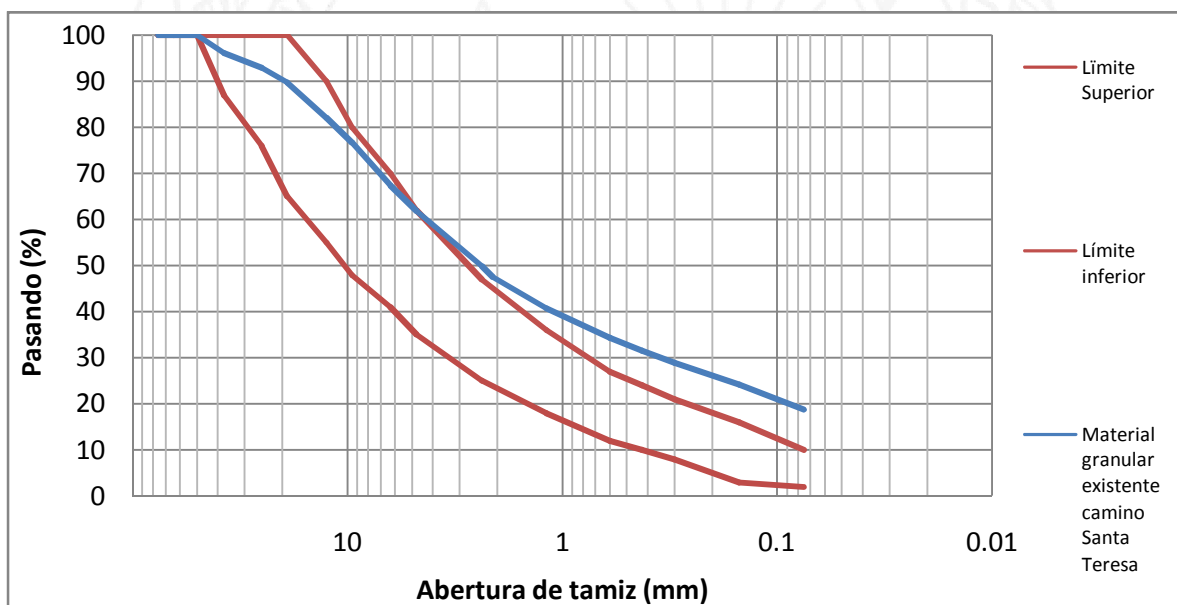


Figura 11. Granulometría de material existente en camino Santa Teresa (Sondeo 11).

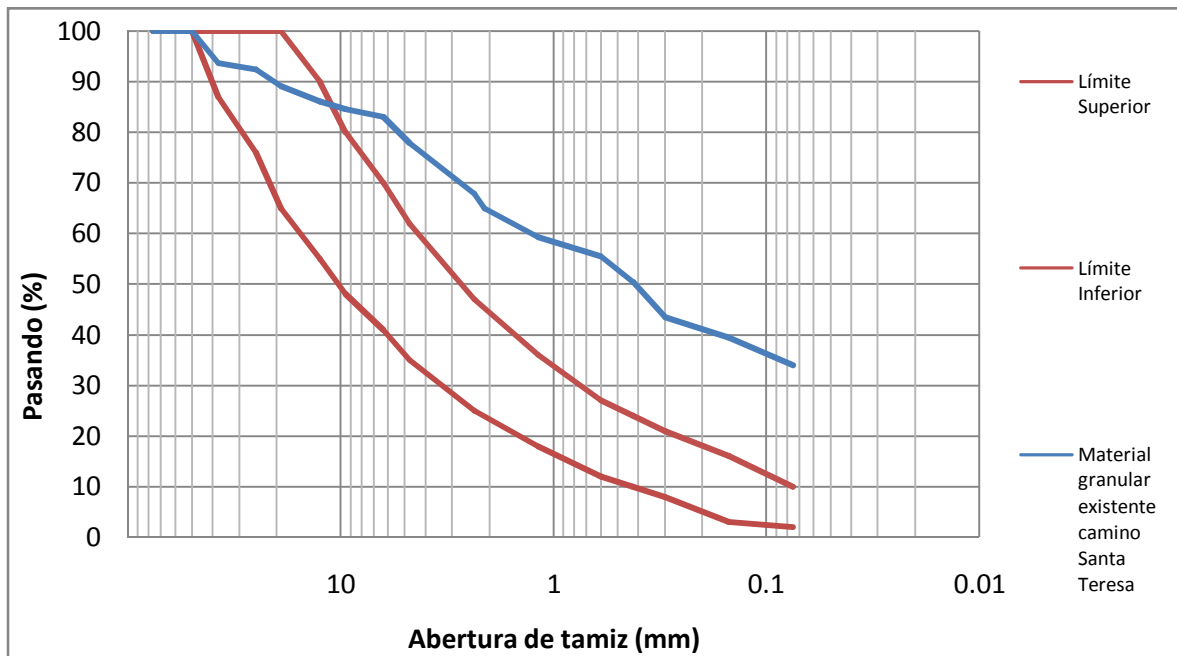


Figura 12. Granulometría de material existente en camino Santa Teresa (Sondeo 12).

- d) **Estabilización del material granular con cemento hidráulico:** se elaboraron especímenes de laboratorio de este material estabilizado con 2.5%, 3.0% y 3.5% de cemento hidráulico. Los resultados de falla a la compresión inconfiada a los 7 días se resumen en la Figuras 13 y 14, de acuerdo a los datos adjuntos en el Anexo 7. Se requiere aproximadamente una dosificación de 3.0% de cemento para el material encontrado en el Sondeo 11 y de 4.7% para el material encontrado en el Sondeo 12, en ambos casos para alcanzar la resistencia de la especificación del CR-2010 Tabla 304-1 de 2.8 MPa mínimo (28 Kg/cm²) a los 7 días.

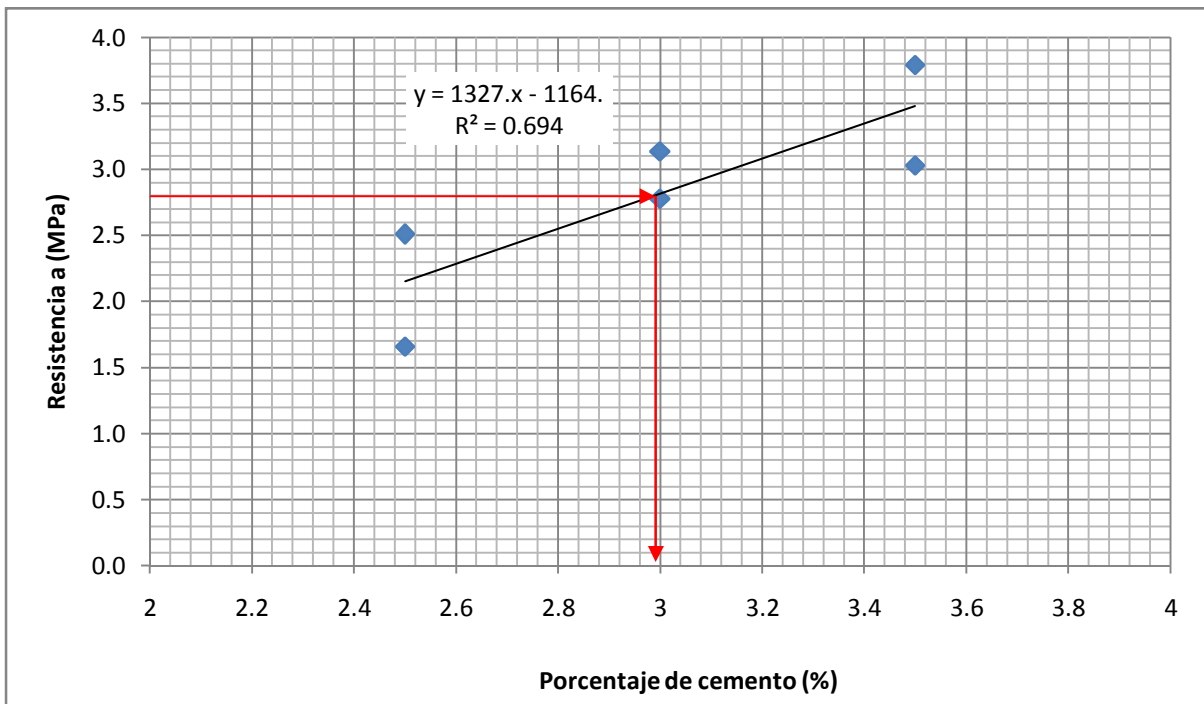


Figura 13. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cemento (Sondeo 11).

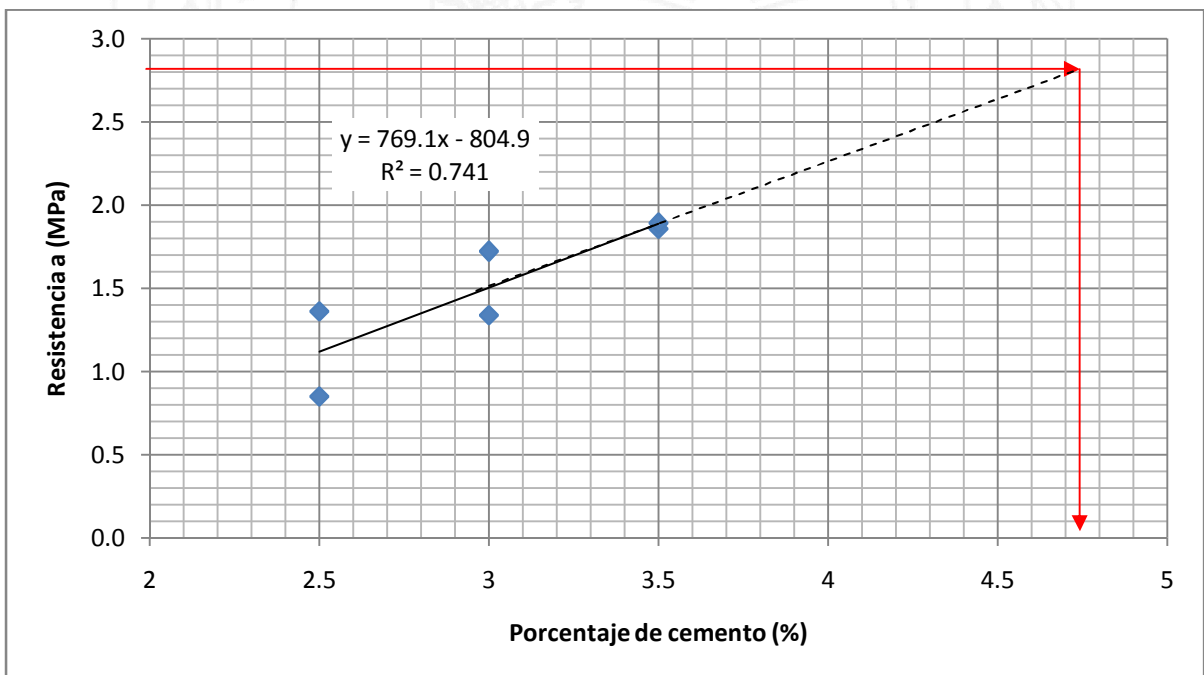


Figura 14. Resistencia a la compresión confinada a los 7 días con cemento (Sondeo 12).

a) Estabilización del material granular con cal hidratada:

Se elaboraron especímenes de laboratorio con dosificaciones de 0.8%, 1.8% y 2.8% de cal hidratada ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$) para evaluar el comportamiento del material con este aditivo. Los resultados de falla a la compresión inconfiada a los 7 días se resumen en la Figuras 15 y 16, de acuerdo a los datos adjuntos en el Anexo 7.

Se requiere aproximadamente una dosificación de 2.6% de cal hidratada para el material encontrado en el Sondeo 11 y de 5.0% para el material encontrado en el Sondeo 12, en ambos casos para alcanzar la resistencia de la especificación del CR-2010 Tabla 304-1 de 2.8 MPa mínimo (28 Kg/cm²) a los 7 días.

Dado lo anterior, se considera que tanto el cemento hidráulico como la cal hidratada son buenas opciones para mejorar o estabilizar el material existente en el camino Santa Teresa. Se recomienda realizar muestreo con mayor frecuencia en el camino para determinar su variabilidad. Luego por medio diseño de mezcla en el laboratorio definir si es necesario aporte parcial de agregado con el objetivo de definir una dosificación de estabilizador uniforme.

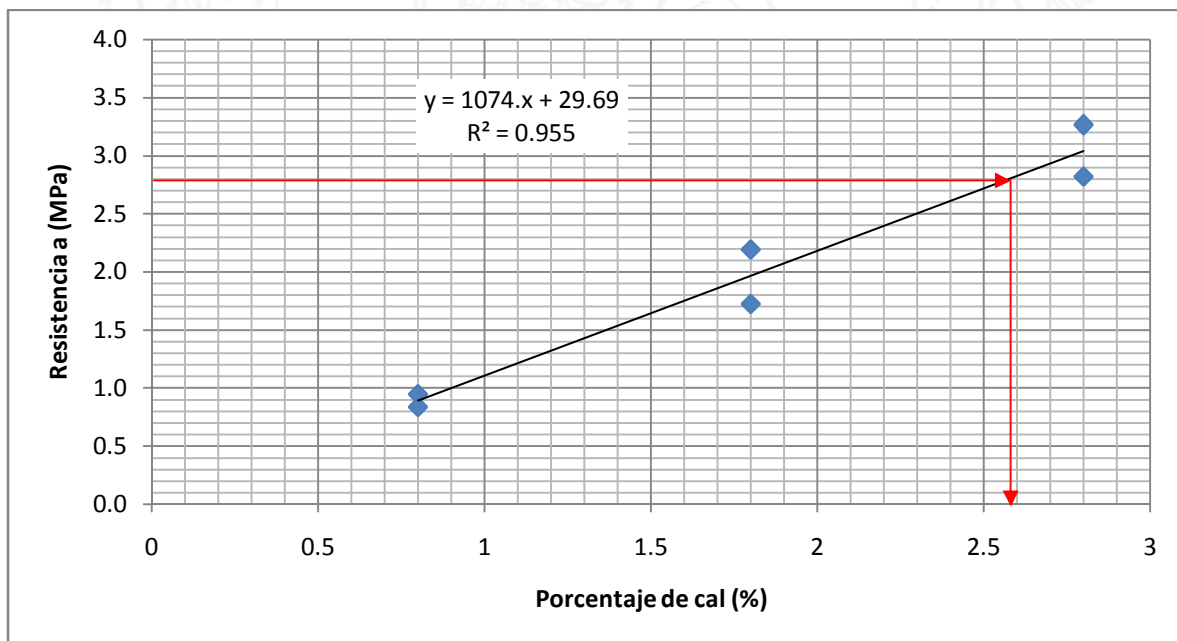


Figura 15. Resultados de falla a la compresión inconfiada a los 7 días con cal (Sondeo 11).

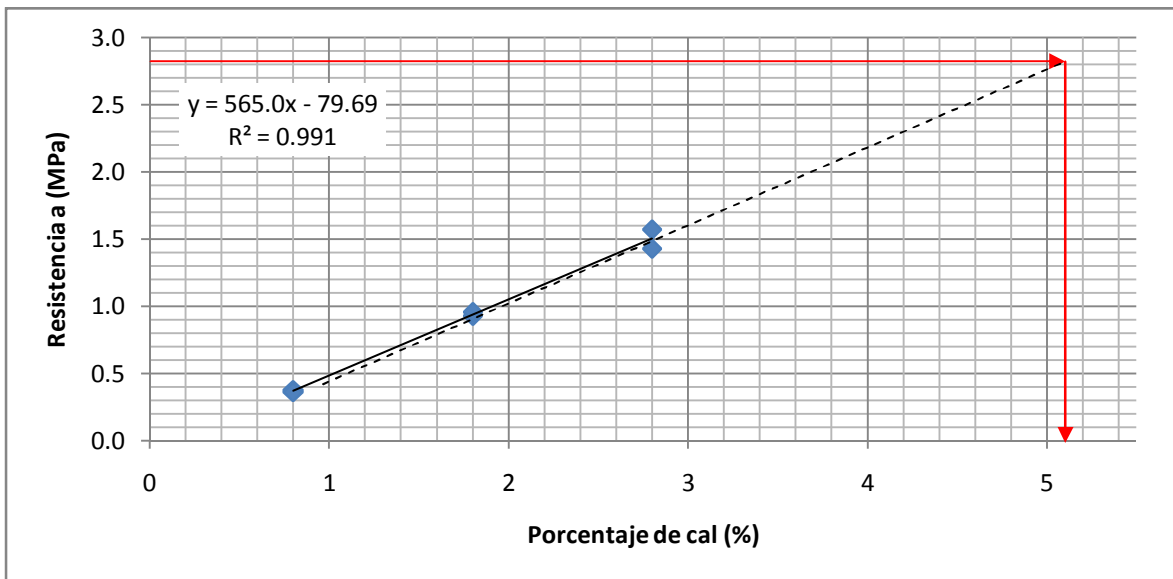


Figura 16. Resultados de falla a la compresión inconfiada a los 7 días con cal (Sondeo 12).

8. Recomendaciones para intervención de los caminos.

Esta sección contiene las recomendaciones de intervención para cada uno de los caminos evaluados. Se presentan diseños preliminares de estructuras de pavimento y secciones transversales típicas para que el Departamento de Ingeniería del Distrito valore y defina finalmente, el diseño definitivo del proyecto de acuerdo con su criterio técnico y recurso humano y presupuesto disponible.

Se utilizó la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 93 para estimar el aporte de las capas de materiales granulares y suelos existentes indicadas en la Tabla 10, así como el espesor de las capas de materiales nuevos que se requiere incorporar de acuerdo a las solicitudes de tránsito asociadas a cada camino. Además, se presentan los resultados de modelación mecanístico-empírica para evaluar el desempeño de las estructuras de pavimento de acuerdo a las indicaciones del documento *LM-PI-GM-INF-22-2014 Recomendaciones Técnicas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con la Incorporación de Criterios Mecánico-Empíricos* del LanammeUCR.

Las características y especificaciones técnicas generales de los materiales nuevos o rehabilitados que se consideran en las recomendaciones como componentes de la estructura de pavimento, corresponden a lo indicado en el Manual CR-2010 y se resumen en la Tabla 14.

Tabla 14. Especificaciones generales de los materiales utilizados en el diseño.

Abreviatura	Definición	Especificaciones básicas
TSB	Tratamiento Superficial Bituminoso	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento Superficial Bituminoso construido de acuerdo a las especificaciones indicadas en el CR-2010, Sección 411.
BG	Base granular	<ul style="list-style-type: none"> • Base granular graduación C o D según CR-2010, Sección 301. • CBR=80 min, compactación 95% de PM (AASHTO T180) • Límite Líquido 35 max, Índice de plasticidad 4-9
BE	Base granular estabilizada con cemento	<ul style="list-style-type: none"> • Base granular graduación C o D estabilizada con cemento según CR-2010, Sección 304. • Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de al menos 2.8 MPa.
CGRE	Material granular y suelo existente mezclado con cemento o cal	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación definida en diseño de mezcla (incorporar recomendaciones de apartados 6 y 7.5 de este informe) para mejoramiento o estabilización con cemento o cal. • Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de al menos 2.0MPa.
SBG	Subbase granular	<ul style="list-style-type: none"> • Subbase granular graduación B según CR-2010, Sección 301. • CBR=30 min, compactación 95% de PM (AASHTO T180). • Límite Líquido 35 max, Índice de plasticidad 4-10.
REP	Relleno de agregado permeable para drenaje	<ul style="list-style-type: none"> • Material granular de relleno permeable para drenaje con geotextil de acuerdo a CR-2010, sección 604 y 703.03. • Geotextil Tipo I de acuerdo a CR-2010, Sección 714.01 • Tubería plástica perforada de acuerdo a CR-2010, Sección 706.08

8.1 Camino C6-01-0128 Montezuma

Ubicación del camino

La sección del camino C6-01-0128 Montezuma que fue evaluada tiene una longitud de 500 m y se muestra en el mapa de la Figura 17.

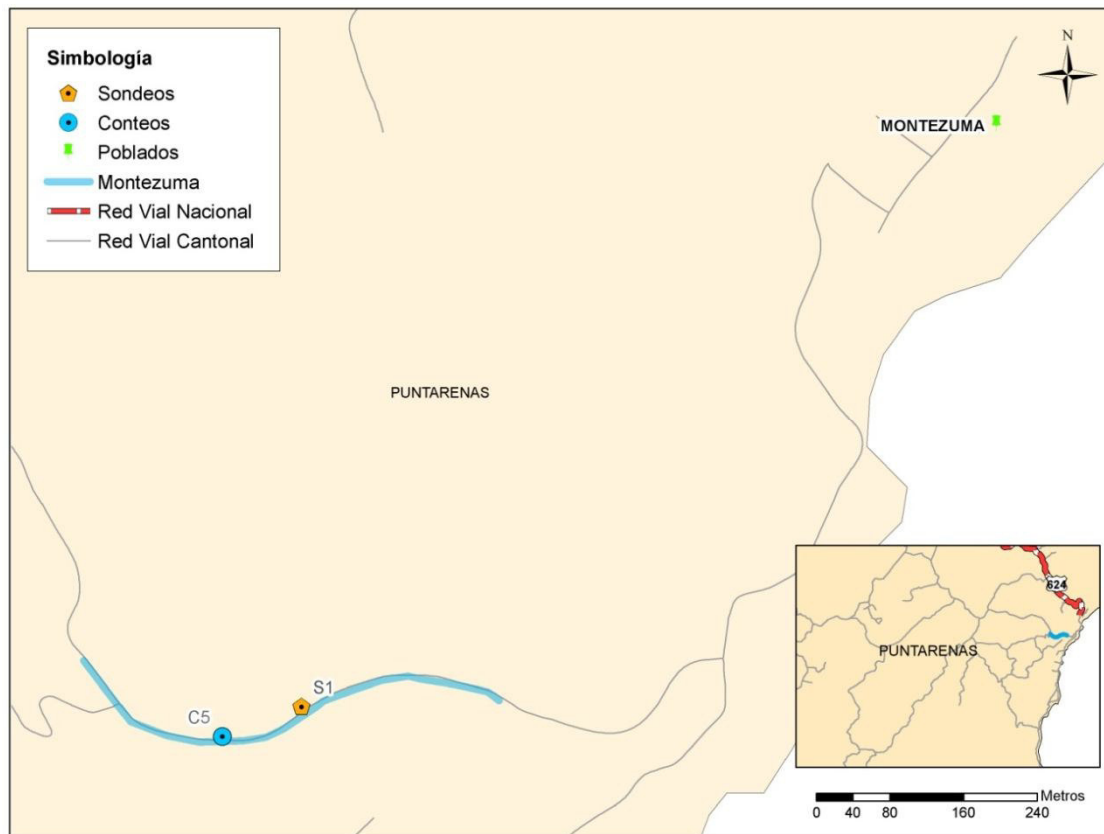


Figura 17. Camino Montezuma C6-01-128.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

La Tabla 15 muestra las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos del camino Montezuma, mientras que la Tabla 16 muestra el cálculo de espesores de capas de pavimento. Se presentan dos alternativas, para que el Departamento de Ingeniería del Distrito decida cual se ajusta a sus capacidades técnicas y recursos disponibles, de acuerdo a lo siguiente:

- Opción 1 (BG y TSB): aporte de material de base granular nueva (BG) de 10cm de espesor para mezclarlo con 10cm de la capa de material granular existente (CGR). Se propone un tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo impermeabilizadora.
- Opción 2 (CGRE y TSB): mezcla de material granular de rodadura (CGR) y subrasante (SR1) con cemento o cal en un espesor total de 20 cm. Se recomienda incorporar las recomendaciones de este informe para el diseño de mezcla de la capa mejorada o estabilizada con cemento o cal. Se recomienda como superficie de ruedo un tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo.

Tabla 15. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Montezuma.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor
Período de Diseño	PD	10 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	10 450
Confiabilidad	R	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7
CBR en sitio subrasante	%	77%
Mr eff subrasante	psi/MPa	9522
SN_{req}	-	1.13
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante		
Referencia	Rango CBR	Ecuación
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$
CSIR (Witzack et al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$

Tabla 16. Cálculo de espesores de pavimento camino Montezuma (AASHTO 93).

Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
1 (base granular)	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.11	14000 / 193	0.8	10	0.35
	CGR	Rehabilitado	0.11	14000 / 193	0.8	10	0.35
	SR1	Existente	0.09	10000 / 69	0.8	25	0.71
	SR2	Existente	-	9522/ 66	-	-	-
					Total	50	1.40
2 (base mejorada)	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10
	SR1	Existente	0.09	10000 / 69	0.8	10	0.28
	SR2	Existente	-	9522/ 66	-	-	-
						Total	50

Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 17.

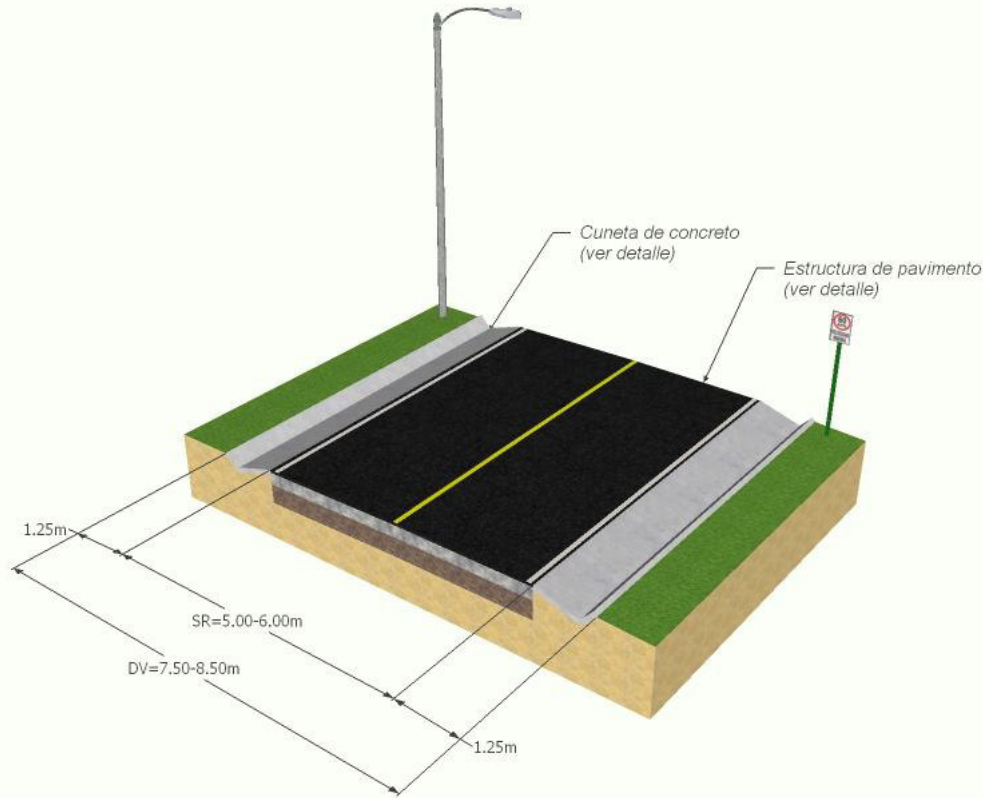
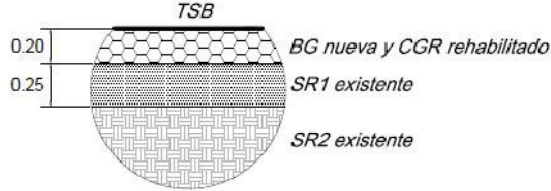
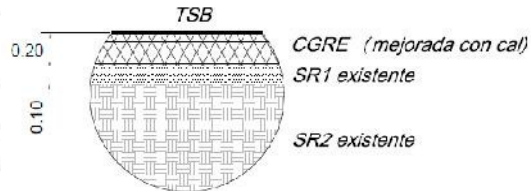
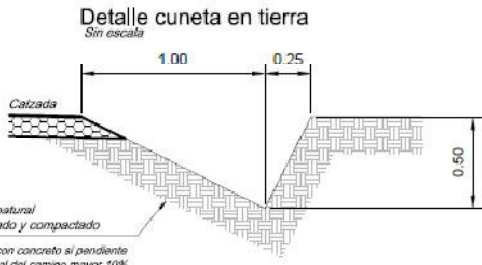
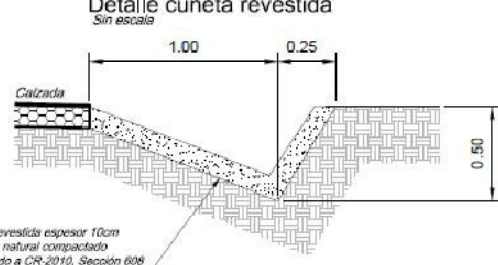
Tabla 17. Verificación de desempeño para pavimento de camino Montezuma.

Opción	Ahuellamiento (mm)							Cumplimiento
	CGRE	BG	CGR	SR1	SR2	Total	Criterio	
1	-	4.23	4.23	4.95	5.85	19.26	25.0	Si Cumple
2	Ahuellamiento (mm)							Cumplimiento
	CGRE	BG	CGR	SR1	SR2	Total	Criterio	
	-	-	-	6.12	7.81	13.93	25.0	Si Cumple
	Vida a fatiga capas estabilizadas (ESAL)							Cumplimiento
	CGRE	BG	CGR	SR1	SR2	Total	Criterio	
94 268	-	-	-	-	-	-	10 450	Si cumple

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para el camino Montezuma se pueden observar en la Tabla 18. Además, en el Anexo 8 se incluye una lámina donde se resume la recomendación de intervención para el camino. En este caso se recomienda que cuando el camino presente pendiente longitudinal mayor a 10% las cuentas sean revestidas en concreto hidráulico.

Tabla 18. Recomendación de intervención para camino Montezuma.

Sección transversal típica	
	
Estructuras de pavimento	
Opción 1	Opción 2
	
Cunetas	
<p>Detalle cuneta en tierra <i>Sin escala</i></p> 	<p>Detalle cuneta revestida <i>Sin escala</i></p> 

8.2 Camino C6-01-038 Delicias

La sección del camino C6-01-038 Delicias que fue evaluada tiene una longitud de 2.5 km y se extiende desde la Escuela Delicias hasta la plaza de futbol en Delicias centro como se muestra en el mapa de la Figura 18.



Figura 18. Camino Delicias C6-01-038.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

La Tabla 19 muestra las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos del camino Delicias, mientras que la Tabla 20 muestra el cálculo de espesores de capas de pavimento. Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 21. Se presentan dos alternativas, para que el Departamento de Ingeniería del Distrito, decida cual se ajusta a sus capacidades técnicas y recursos disponibles, de acuerdo a lo siguiente:

- **Opción 1 (BE-CGRE):** mejoramiento de capa granular de rodadura y suelo existente con cal (CGRE) en un espesor de 20cm. Luego colocación de una base estabilizada con cemento hidráulico (BE) en un espesor de 20cm. Tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo impermeabilizadora.
- **Opción 2 (CGRE):** mejoramiento de capa granular de rodadura y suelo existente con cal (CGRE) en un espesor de 30cm. Tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo impermeabilizadora.

Tabla 19. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Delicias.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor
Período de Diseño	PD	10 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	141 075
Confiabilidad	R	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7
CBR en sitio subrasante	%	6% a 10%
Mr eff subrasante	psi/MPa	5600
SN_{req}	-	2.26
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante		
Referencia	Rango CBR	Ecuación
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$
CSIR (Witzack et al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$

Tabla 20. Cálculo de espesores de pavimento camino Delicias (AASHTO 93).

Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
1 (base-cemento y suelo-cal)	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BE	Nuevo	0.15	590000/4068	1.0	20	1.18
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10
	SR2	Existente	-	5600/39	-	-	-
					Total	40	2.28
2 (capa existente-cal)	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	30	1.65
	SR1	Existente	0.10	10500/72	0.8	20	0.63
	SR2	Existente	-	5600/39	-	-	-
					Total	30	2.28

Tabla 21. Verificación de desempeño para pavimento camino Delicias.

Opción	Ahuellamiento (mm)						Cumplimiento
	BE	CGRE	SR1	SR2	Total	Criterio	
1	-	-	-	4.52	4.52	25.0	Si Cumple
	Vida a fatiga de base estabilizada (ESAL)						Cumplimiento
	BE	CGRE	SR1	SR2	Total	Criterio	
	5.56X10 ⁵	1.30X10 ¹³	-	-	-	141 075	Si Cumple
2	Ahuellamiento (mm)						Cumplimiento
	CGRE	SR1	SR2	Total	Criterio		
	-	2.93	7.65	10.68	25.0	Si Cumple	
	Vida a fatiga capas estabilizadas (ESAL)						Cumplimiento
CGRE	SR1	SR2	Total	Criterio			
	5.99X10 ⁷	-	-	-	141 075	Si cumple	

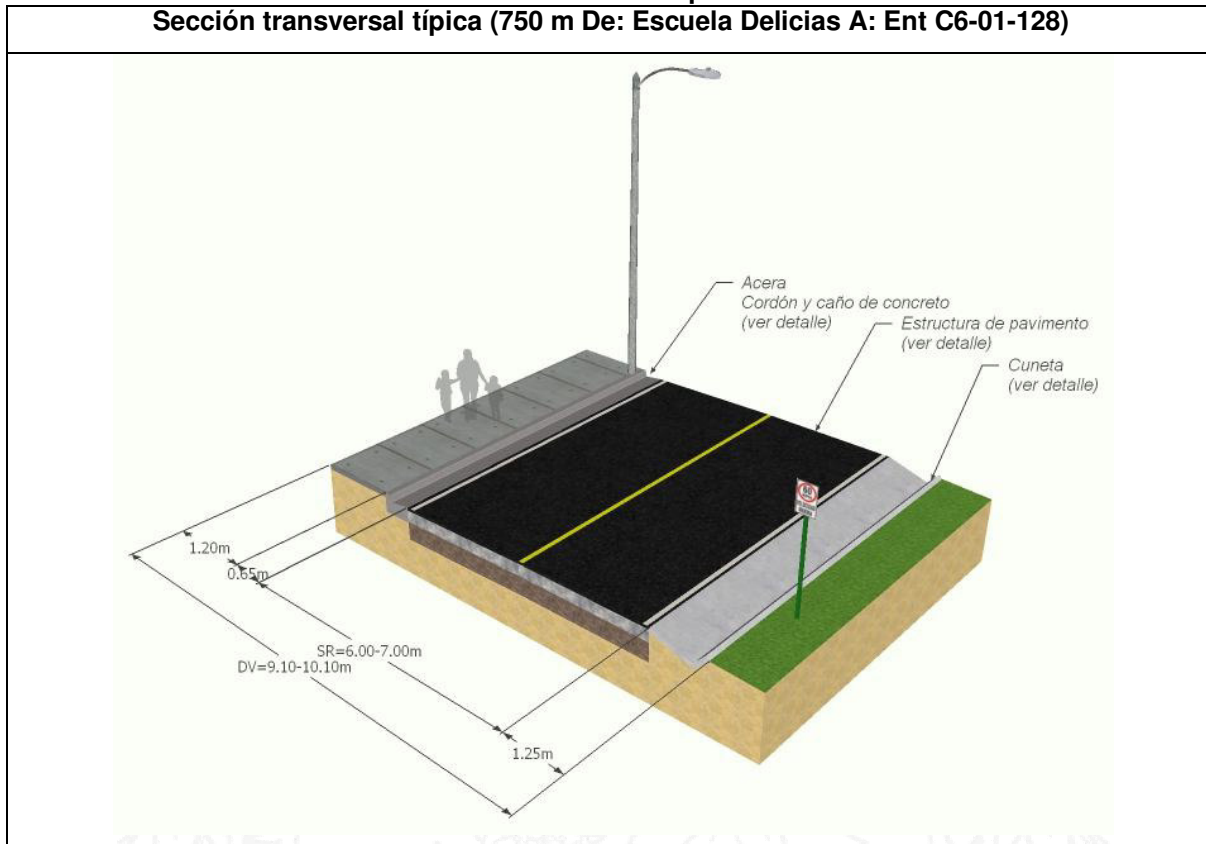
Sección transversal típica y estructuras de pavimento

Se dividió el camino en dos tramos en cuanto a la sección transversal:

- Tramo 1: de Escuela Delicias al entronque con camino C6-01-128 (750 m)
- Tramo 2: de entronque con camino C6-01-128 a plaza de futbol Delicias (1.75 km)

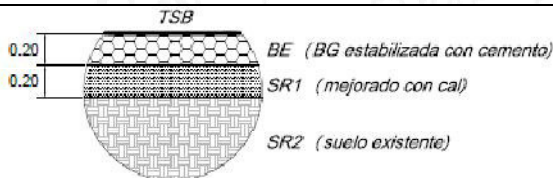
La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para el tramo 1 y 2 del camino Delicias se pueden observar en la Tabla 22 y 23 respectivamente. En el Anexo 8 se incluyen láminas donde se resume la recomendación de intervención para el camino.

**Tabla 22. Recomendación de intervención para camino Delicias Tramo 1.
Sección transversal típica (750 m De: Escuela Delicias A: Ent C6-01-128)**

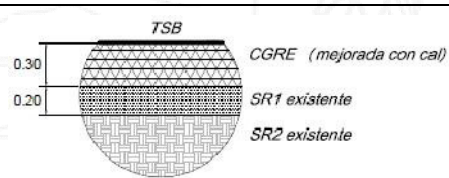


Estructuras de pavimento

Opción 1

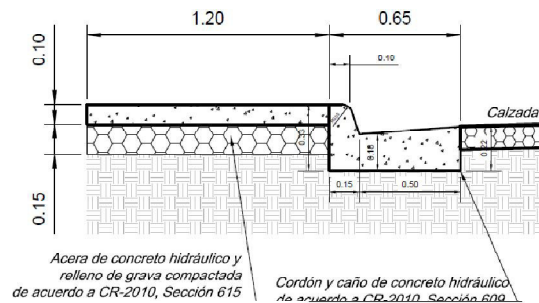


Opción 2



Acera, cordón y caño

Detalle de acera, cordón y caño
Sin escala



Cunetas

Detalle cuneta revestida
Sin escala

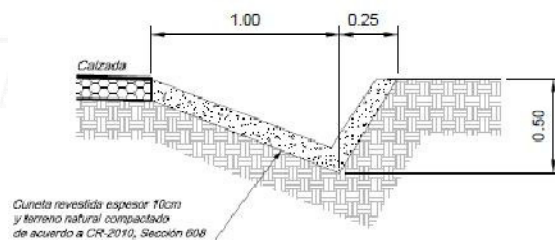
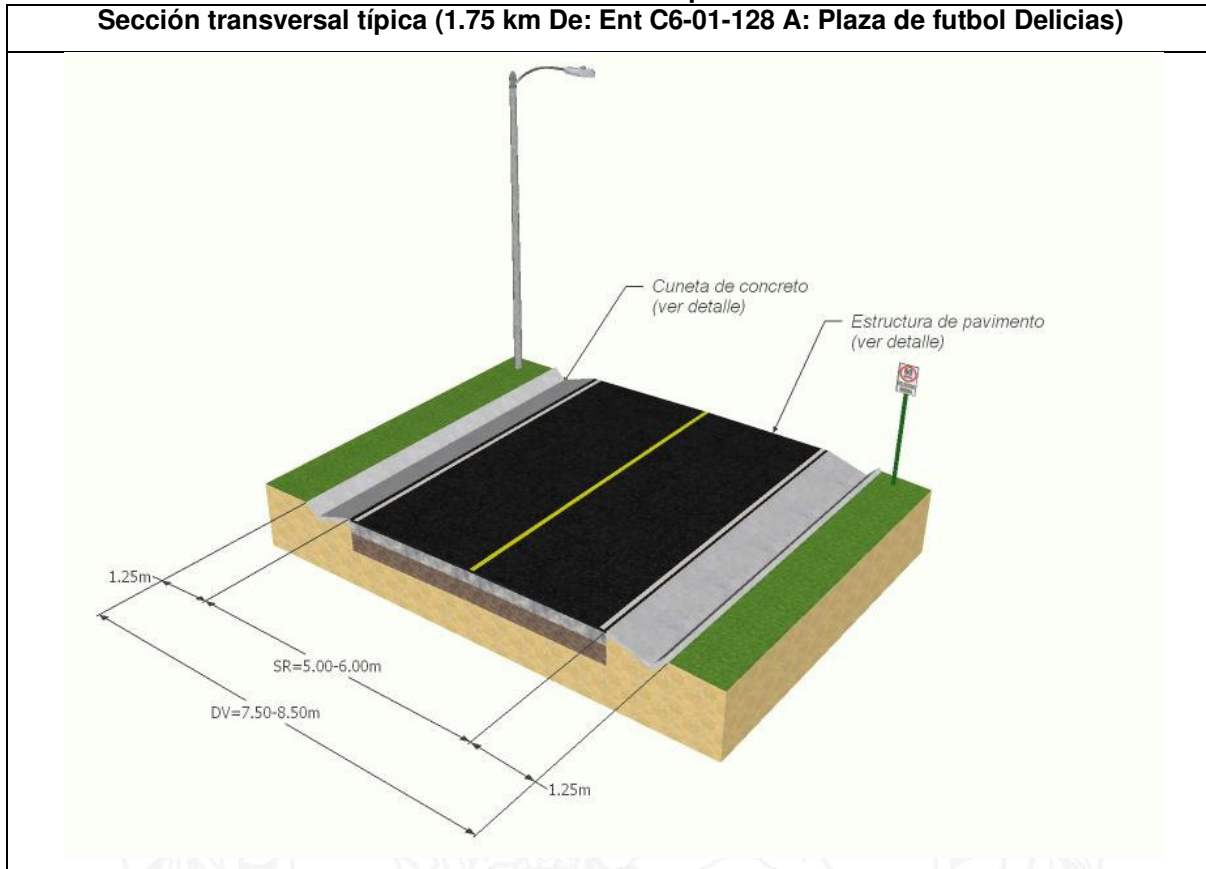


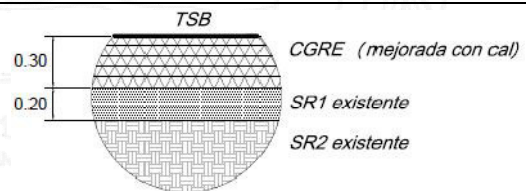
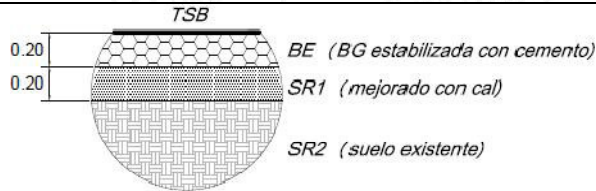
Tabla 23. Recomendación de intervención para camino Delicias Tramo 2.
Sección transversal típica (1.75 km De: Ent C6-01-128 A: Plaza de futbol Delicias)



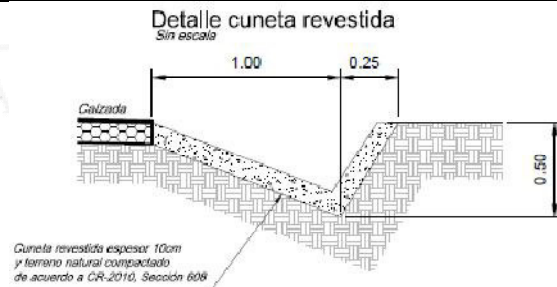
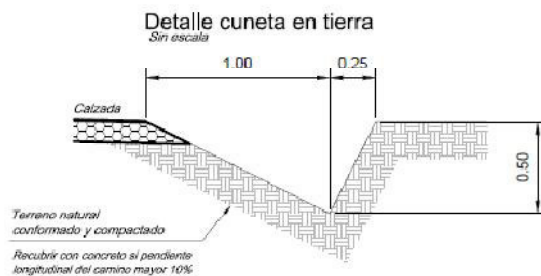
Estructuras de pavimento

Opción 1

Opción 2



Cunetas



8.3 Camino C6-01-001 Santa Teresa

El camino C6-01-001 Santa Teresa se evaluó en una longitud total de 2.5 km, dividida en tres tramos como se muestra en la Figura 19.

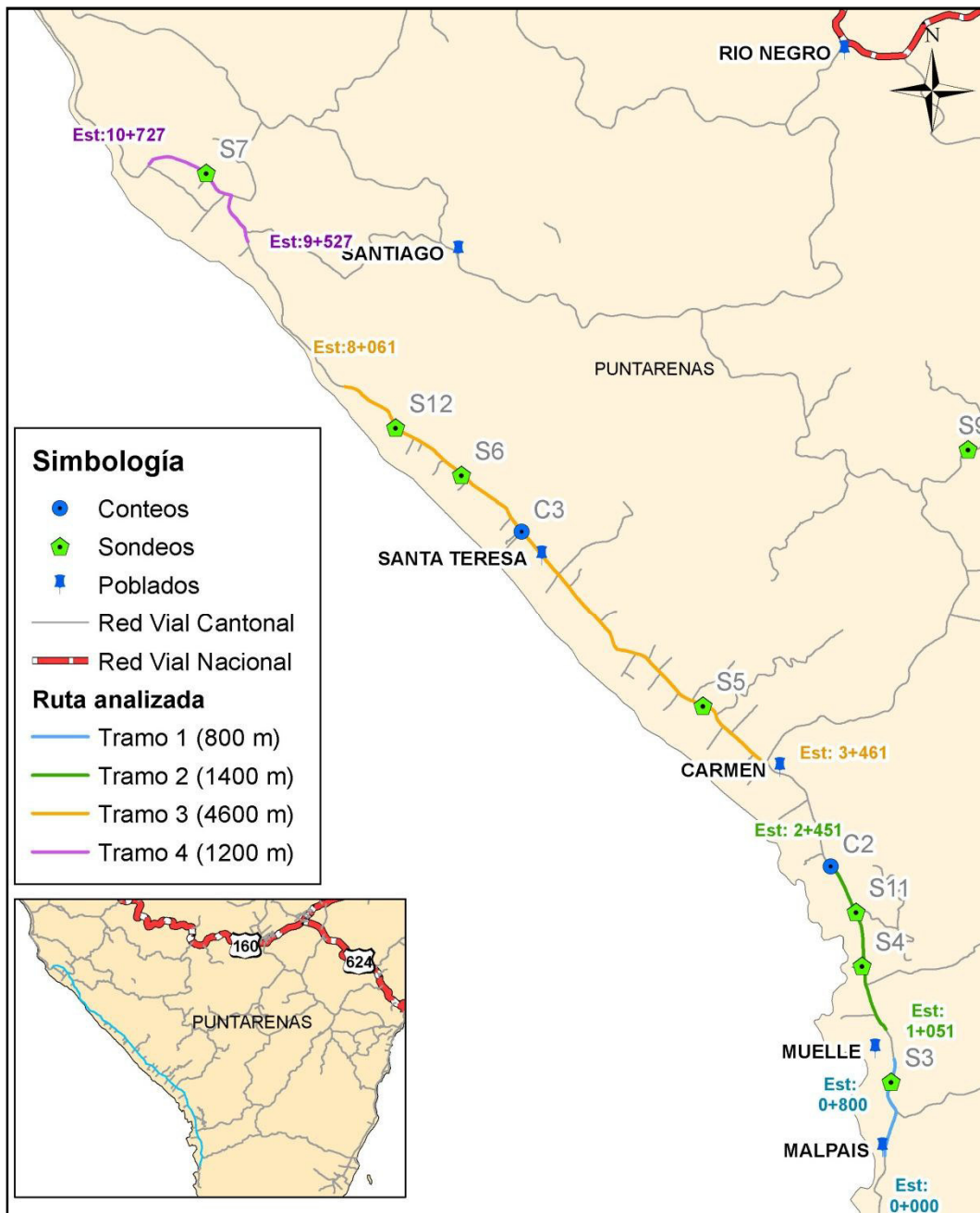


Figura 19. Camino Santa Teresa C6-01-001.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

La Tabla 19 muestra las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos del camino Delicias, mientras que la Tabla 20 muestra el cálculo de espesores de capas de pavimento. Se presentan dos alternativas para cada uno de los cuatro tramos del camino. De esta manera el Departamento de Ingeniería del Distrito, puede evaluar y decidir cual alternativa de pavimento se ajusta a sus capacidades técnicas y recursos disponibles. A continuación se describen las alternativas de estructura de pavimento recomendadas:

- Opción 1 (BG): consiste en la colocación de una capa de base granular nueva de 15 cm de espesor sobre la rasante existente. Luego se propone colocar un tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo impermeabilizadora.
- Opción 2 (CGRE): se propone el mejoramiento de capa granular de rodadura (CGR) y relleno existente (RE) un espesor total de 30cm. Luego se propone la colocación de un tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo impermeabilizadora.

Tabla 24. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino Santa Teresa.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Tramos 1 y 2	Tramo 3	Tramo 4
Período de Diseño	PD	15 años	15 años	15 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	169 785	765 530	169 785
Confianza	R	50%	50%	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000	0.000	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50	0,50	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	4,2	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5	2,5	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7	1,7	1,7
CBR en sitio subrasante	%	34%	17%	15%
Mr eff subrasante	psi/MPa	15496/107	21674/149	17441/120
SN_{req}	-	1.55	1.77	1.48
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante				
Referencia	Rango CBR	Ecuación		
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$		
CSIR (Witzack et al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$		
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$		

Tabla 25. Cálculo de espesores de pavimento camino Santa Teresa (AASHTO 93).

Tramo/ Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
Tramo 1 y 2 Opción 1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000/193	0.8	15	0.66
	CGR	Existente	0.10	14000/97	0.8	20	0.63
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	25	0.79
	SR1	Existente	-	15496/107	-	-	-
					Total	60	2.08
Tramo 1 y 2 Opción 2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	25	0.79
	SR1	Existente	-	15496/107	-	-	-
					Total	45	1.89
Tramo 3 Opción 1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000/193	0.8	15	0.66
	CGR	Existente	0.10	14000/97	0.8	20	0.63
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	30	0.79
	RE2-SR1	Existente	-	21674/149	-	-	-
					Total	65	2.24
Tramo 3 Opción 2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	25	1.38
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	25	0.79
	RE2-SR1	Existente	-	21674/149	-	-	-
					Total	50	2.16
Tramo 4 Opción 1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000/193	0.8	15	0.66
	CGR	Existente	0.10	14000/97	0.8	10	0.31
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	30	0.94
	SR1	Existente	-	17441/120	-	-	-
					Total	55	1.92
Tramo 4 Opción 2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGRE	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10
	RE1	Existente	0.10	14000/97	0.8	20	0.63
	SR1	Existente	-	17441/120	-	-	-
					Total	40	1.73

Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 26.

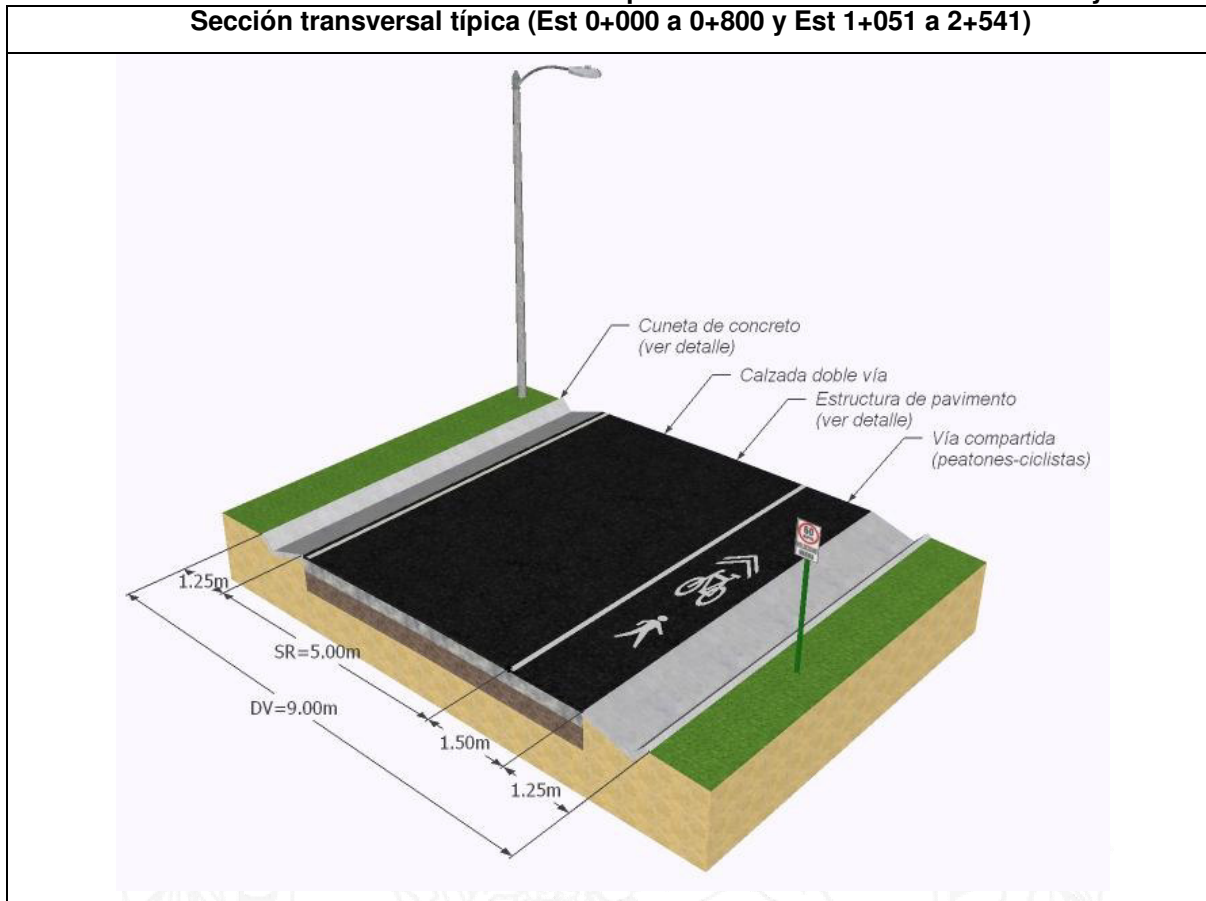
Tabla 26. Verificación de desempeño para pavimento camino Santa Teresa.

Tramo	Opción	Ahuellamiento (mm)							Cumplimiento
		CGRE	BG	CGR	RE1	SR1	Total	Criterio	
Tramos 1 y 2	1	-	9.20	7.67	3.35	3.63	23.54	25.0 mm	Si Cumple
	2	-	-	-	5.36	4.65	10.01	25.0 mm	Si Cumple
Tramo 3	1	-	10.56	7.73	3.46	2.80	24.54	25.0 mm	Si Cumple
	2	-	-	-	5.02	3.46	8.48	25.0 mm	Si Cumple
Tramo 4	1	-	9.22	5.76	4.03	3.63	22.64	25.0 mm	Si Cumple
	2	-	-	-	4.86	4.75	9.62	25.0 mm	Si Cumple
Tramo	Opción	Vida a fatiga capas estabilizadas (ESAL)							Cumplimiento
		CGRE	BG	CGR	RE1	SR1	Total	Criterio	
Tramos 1 y 2	2	3.29X10 ⁶	-	-	-	-	-	169785	Si Cumple
Tramo 3	2	1.33 X10 ⁸	-	-	-	-	-	765 530	Si Cumple
Tramo 4	2	3.76X10 ⁶	-	-	-	-	-	169 785	Si Cumple

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

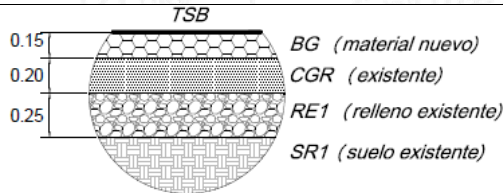
La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para cada tramo del camino Santa Teresa se pueden observar de la Tabla 27 y 29. En el Anexo 8 se incluyen láminas donde se resume la recomendación de intervención para el camino.

**Tabla 27. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramos 1 y 2.
Sección transversal típica (Est 0+000 a 0+800 y Est 1+051 a 2+541)**

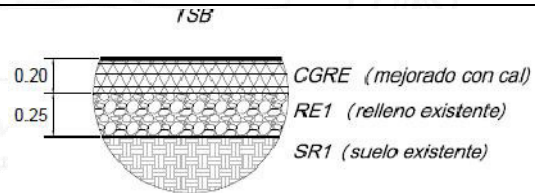


Estructuras de pavimento

Opción 1



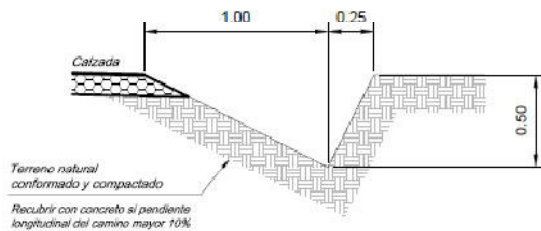
Opción 2



Cunetas

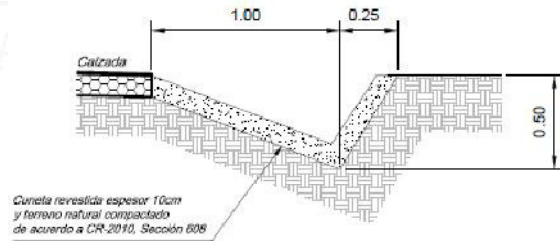
Detalle cuneta en tierra

Sin escala

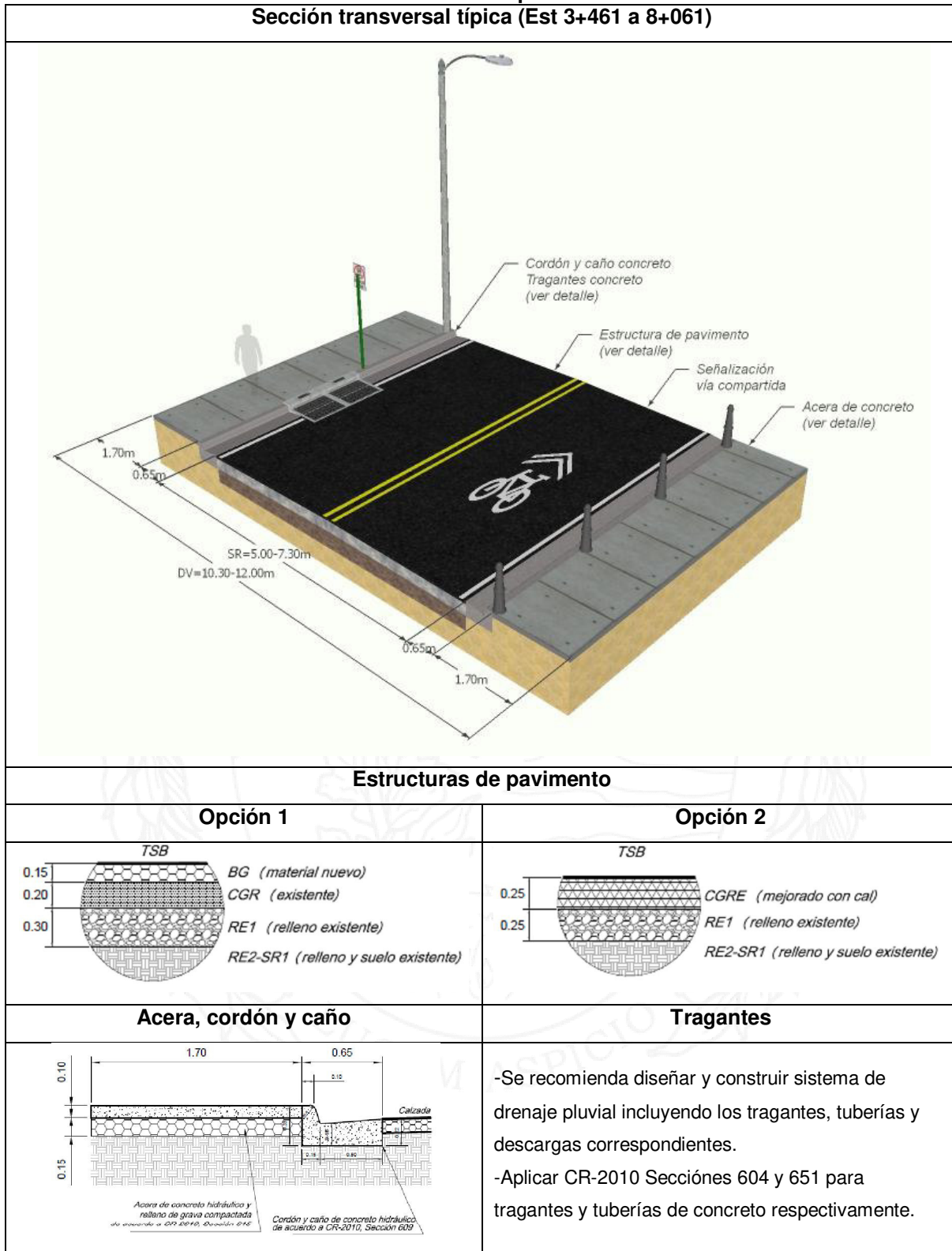


Detalle cuneta revestida

Sin escala

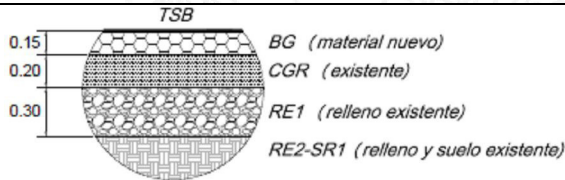


**Tabla 28. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramo 3.
Sección transversal típica (Est 3+461 a 8+061)**

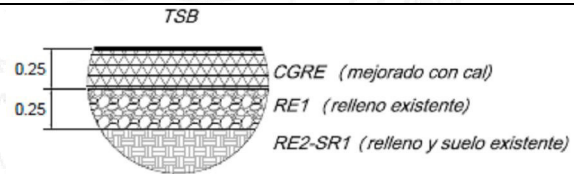


Estructuras de pavimento

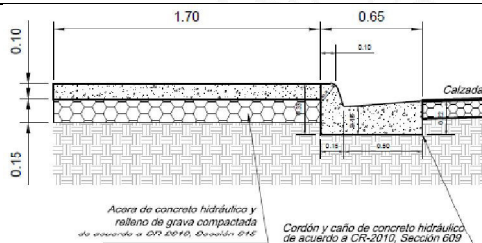
Opción 1



Opción 2



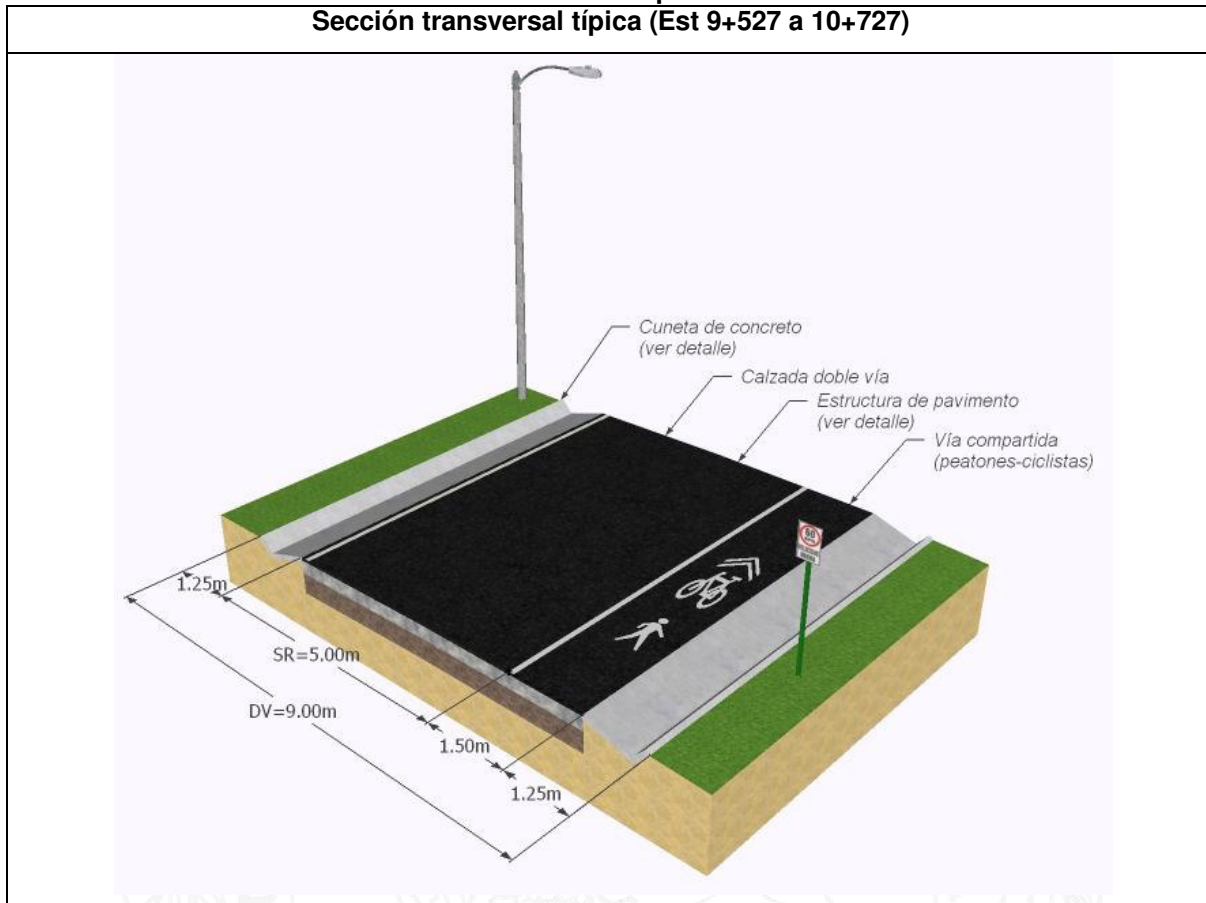
Acera, cordón y caño



Tragantes

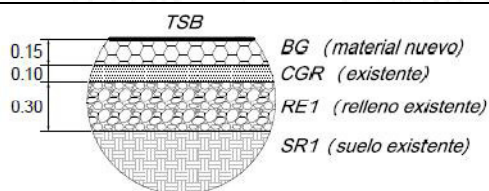
- Se recomienda diseñar y construir sistema de drenaje pluvial incluyendo los tragantes, tuberías y descargas correspondientes.
- Aplicar CR-2010 Secciones 604 y 651 para tragantes y tuberías de concreto respectivamente.

Tabla 29. Recomendación de intervención para camino Santa Teresa Tramo 4.
Sección transversal típica (Est 9+527 a 10+727)

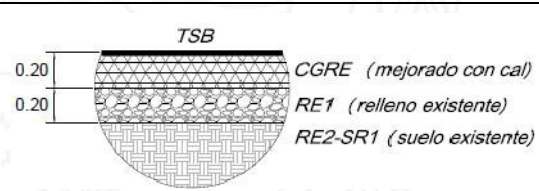


Estructuras de pavimento

Opción 1

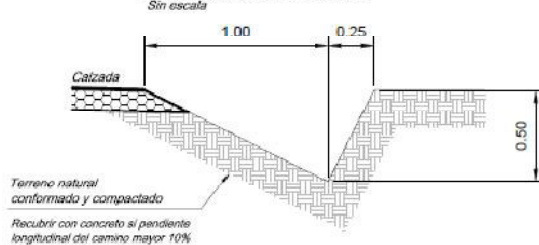


Opción 2

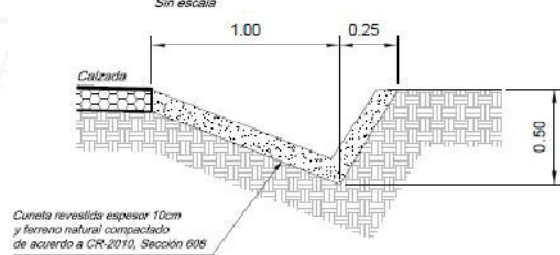


Cunetas

Detalle cuneta en tierra



Detalle cuneta revestida



8.4 Camino C6-01-037 San Isidro

El camino C6-01-037 evaluado tiene una longitud total de 3.5 km, como se muestra en la Figura 20, del cual se evaluaron algunas zonas (sondeos 8, 9 y 10) donde se observaron deterioros severos de la calzada debido a deformaciones o movimientos de la subrasante y falta de drenaje pluvial adecuado.

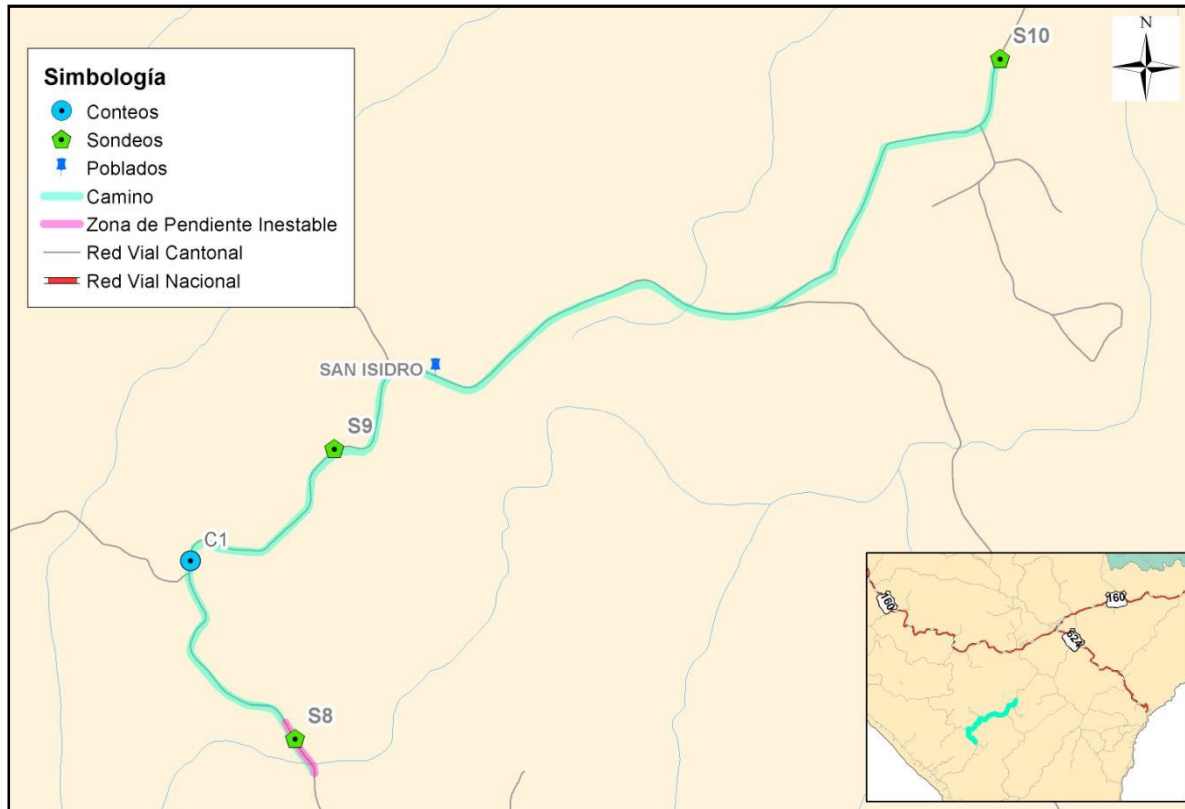


Figura 20. Camino San Isidro C6-01-037.

El mapa de la Figura 20 muestra la ubicación de un tramo de 150m de longitud (color magenta) hacia el final del camino San Isidro, donde el trazado del camino se extiende por una pendiente natural aproximada de 10% en un corte tipo cajón. El terraplén del camino se ha deformado severamente, lo cual destruyó la capa de base y superficie de ruedo como se observa en la Figura 21 de noviembre 2016, posteriormente en febrero 2017 se observa el camino luego de ser reconfigurado para mejorar la transitabilidad.



Figura 21. Tramo 150 m que presenta deformaciones del terraplén del camino San Isidro.

Durante las visitas al sitio se observó algunos elementos a tomar en cuenta en el análisis:

- Presencia de humedad en cunetas, proveniente de taludes adyacentes y posible nivel freático superficial.
- Deformaciones leves en talud adyacente lado izquierdo.
- Humedad en la plataforma del camino.
- Deformaciones en plataforma del camino en la dirección de la pendiente.

Los anteriores podrían ser indicios de inestabilidad de la ladera donde se ubica el camino, lo cual se podría haberse combinado con exceso de humedad del suelo y falta de drenaje

adecuado para generar severas deformaciones de la plataforma del camino en la dirección de la pendiente.

Por lo tanto, las recomendaciones que se indican a continuación, están dirigidas a mejorar las condiciones de drenaje del camino, evacuación de agua pluvial y estructura de pavimento. Sin embargo, no se aborda el análisis de estabilidad del la ladera (incluyendo el talud adyacente del lado izquierdo), para lo cual se recomienda consultar con un especialista en geología o geotecnia, que realice un análisis específico del sitio.

Las otras zonas (sondeo 9 y 10) donde se ha deteriorado la calzada, se considera se deben principalmente a deformaciones del suelo subrasante por deficiencia en el drenaje pluvial como se muestra en la Figura 22. Las recomendaciones que se realizan para estos sitios, incluyen el mejoramiento del drenaje superficial, subterráneo y estructura de pavimentos.



Figura 22. Otras zonas con deformaciones de la calzada en camino San Isidro.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

Las variables de entrada utilizadas para el diseño de pavimentos recomendado y cálculo de espesores por medio de la metodología AASHTO 93 se muestran en la Tabla 30 y 31 respectivamente. Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 32. Se presentan dos alternativas, tanto para el tramo de 150 m que presenta deformaciones severas (sondeo 8) como para las otras zonas evaluadas (sondeo 9 y sondeo 10). De esta manera, el Departamento de Ingeniería del Distrito

puede evaluar y decidir finalmente cual alternativa de pavimento se ajusta a sus capacidades técnicas y recursos disponibles.

Tabla 30. Variables de entrada para diseño de pavimentos de camino San Isidro.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Tramo 150 m (pendiente)	Otras zonas
Período de Diseño	PD	15 años	15 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	625 497	625 497
Confiabilidad	R	50%	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7	1,7
CBR en sitio subrasante	%	7%	13%
Mr eff subrasante	psi/MPa	12514/86	15892/110
SN_{req}	-	2.12	1.93
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante			
Referencia	Rango CBR	Ecuación	
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$	
CSIR (Witzack el al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$	
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$	

Tabla 31. Cálculo de espesores de pavimento camino San Isidro (AASHTO 93).

Tramo/ Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño	
Tramo 150 (pendiente) Opción 1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BE-CEM	Nuevo	0.15	590000/4068	1.0	25	1.48	
	SBG	Nuevo	0.11	14000/97	0.8	20	0.69	
	SR1	Existente	0.10	14000/97	0.8	25	0.79	
	SR2	Existente	-	12514/86	-	-	-	
						Total	60	2.96
Tramo 150 (pendiente) Opción 2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG-CAL	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10	
	SBG	Nuevo	0.11	14000/97	0.8	20	0.69	
	SR1	Existente	0.10	14000/97	0.8	25	0.79	
	SR2	Existente	-	12514/86	-	-	-	
						Total	60	2.58
Otras zonas Opción 1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BE-CEM	Nuevo	0.15	590000/4068	1.0	25	1.48	
	SBG	Nuevo	0.11	14000/97	0.8	20	0.69	
	SR1	Existente	-	15892/110	-	-	-	
						Total	40	2.17
Otras zonas Opción 2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Rehabilitado	0.14	28000/ 193	0.8	20	0.88	
	BE-CAL	Rehabilitado	0.14	45000/310	1.0	20	1.10	
	SR1	Existente	-	15892/110	-	-	-	
						Total	40	1.98

Tabla 32. Verificación de desempeño para pavimento camino San Isidro.

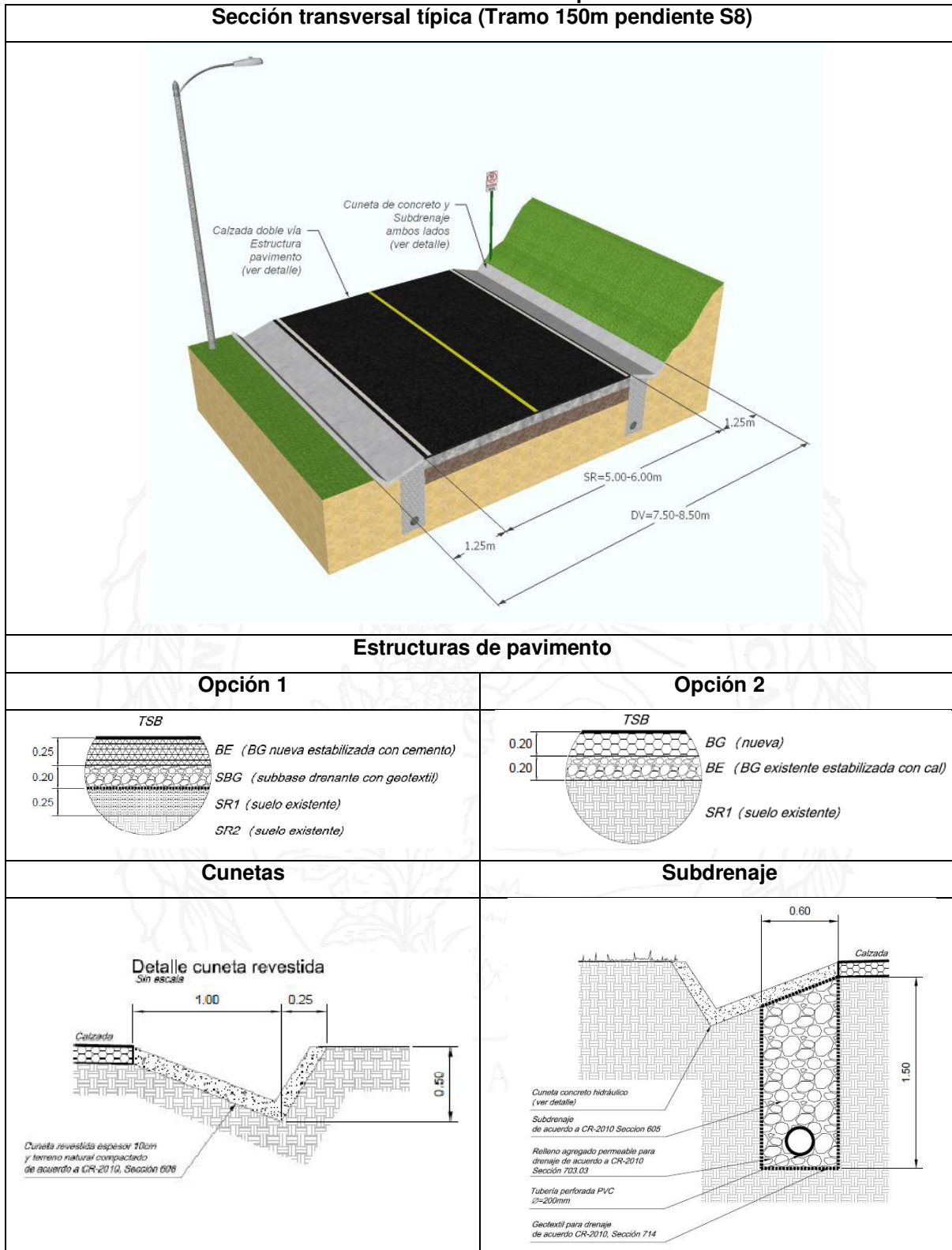
Tramo	Opción	Ahuellamiento (mm)								Cumplimiento
		BE (CEM)	BE (CAL)	BG	SBG	SR1	SR2	Total	Criterio	
Tramo 150m	1	-	-	-	1.16	0.86	2.50	4.52	25.0 mm	Si Cumple
	2	-	-	-	5.55	2.77	4.11	12.43	25.0 mm	Si Cumple
Otras zonas	1	-	-	-	1.19	2.60	-	3.79	25.0 mm	Si Cumple
	2	-	-	13.80	-	4.75	-	18.55	25.0 mm	Si Cumple
Tramo	Opción	Vida a fatiga capas estabilizadas (ESAL)								Cumplimiento
		BE (CEM)	BE (CAL)	BG	SBG	SR1	SR2	Total	Criterio	
Tramo 150m	1	1.78 x10 ⁶	-	-	-	-	-	-	625 497	Si Cumple
	2	-	3.11 x10 ⁶	-	-	-	-	-	625 497	Si Cumple
Otras zonas	1	861 346	-	-	-	-	-	-	625 497	Si Cumple
	2	-	1.15 x10 ¹²	-	-	-	-	-	625 497	Si Cumple

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

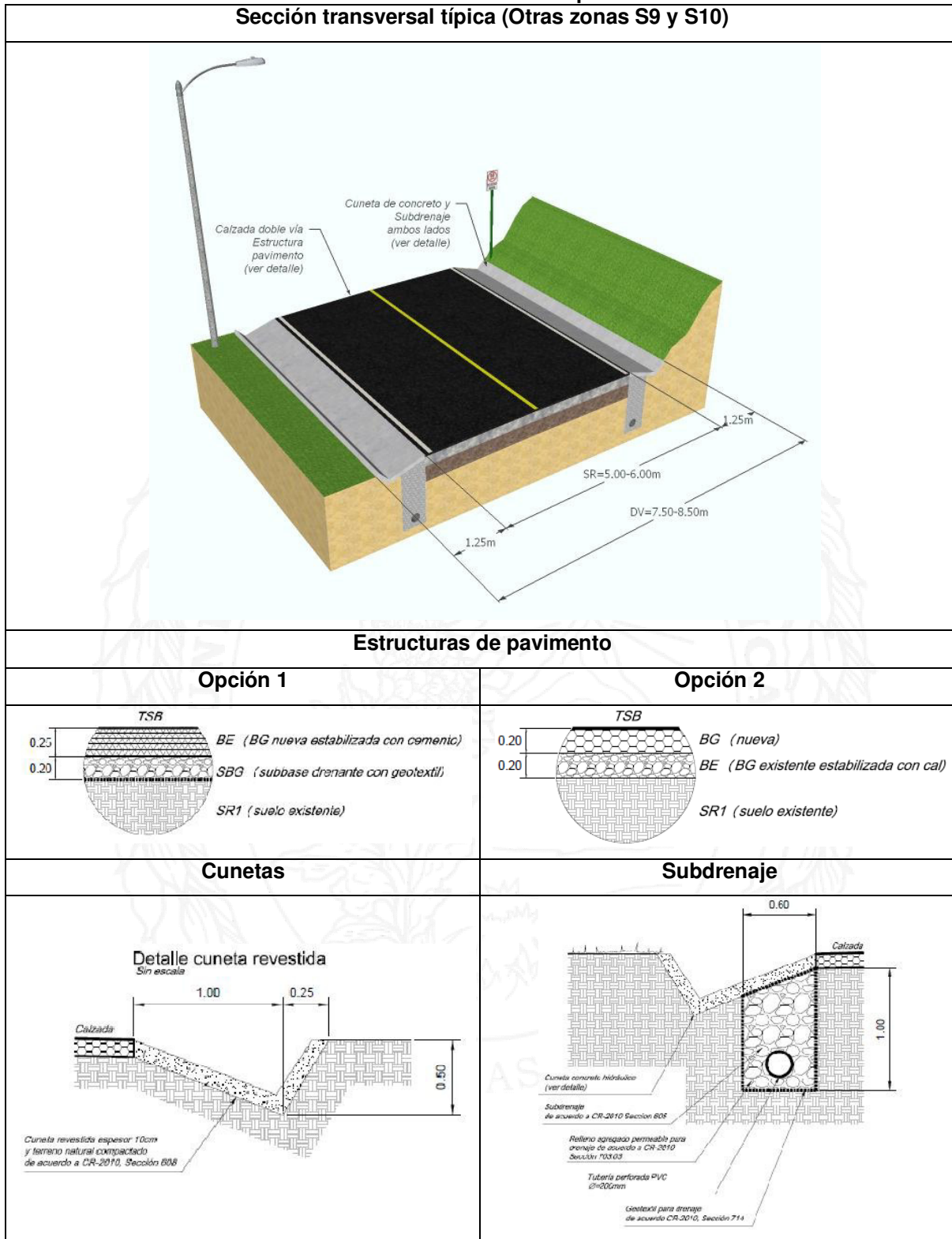
La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para el camino San Isidro se pueden observar de la Tabla 33 y 34. En el Anexo 8 se incluyen láminas donde se resume la recomendación de intervención para el camino.

En el camino San Isidro, se tienen suelos arcillosos de alta plasticidad tipo CH (A-7-6), por lo que se recomienda mejorar tanto los drenajes como la estructura de pavimento, en los sitios donde se han presentado deformaciones. Se debe evitar que la subrasante se sature por ascenso del nivel freático o escorrentía de agua pluvial, por lo tanto se recomienda implementar "subdrenajes" tipo francés" en ambos lados de la calzada y cunetas revestidas en estas zonas. Además, se deben colocar los pasos de alcantarilla requeridos en los sitios donde se deba descargar agua pluvial hacia cauces cercanos. Por ejemplo en la zona del sondeo 9 (Figura 22), claramente se requiere la colocación de un paso de alcantarilla que conduzca el agua pluvial hacia la quebrada local, para evitar que la plataforma del camino se sature, ya que la topografía en este punto forma una zona baja, donde el agua se acumula.

**Tabla 33. Recomendación de intervención para camino San Isidro.
Sección transversal típica (Tramo 150m pendiente S8)**



**Tabla 34. Recomendación de intervención para camino San Isidro.
Sección transversal típica (Otras zonas S9 y S10)**



9. Conclusiones

Sobre el material granular de la cantera local Tajo Delicias

- El material granular de muestra obtenido de la cantera local Tajo Delicias en San Isidro de Cóbano, es un material extraído directamente de las paredes de la cantera, sin procesamiento de selección, lavado o quebrado. Posee una leve exceso de sobretamaños mayores a 50mm y finos con exceso de plasticidad, lo cual genera incumplimiento de las especificaciones del CR-2010 para bases y subbases, sin embargo el material podría utilizarse como capa granular de rodadura o lastrado para dar transitabilidad a vía en tierra o lastre en mala condición.
- El agregado no presenta buen comportamiento al ser estabilizado con emulsión de rompimiento lento catiónica tipo CSS-1h suministrada por RECOPE, ya que no cumple con el recubrimiento y adhesión mínimos recomendables en la metodología de diseño aplicada.
- Al estabilizar el agregado con cemento hidráulico, no se cumple con la resistencia a la compresión confinada a los 7 días de 2.8MPa, indicada en el CR-2010, sin embargo, se podría utilizar el agregado para capas granulares mejoradas con cemento en dosificaciones entre 2.5% y 3.5% y obtener resistencias entre 0.8 MPa y 1.8 MPa.
- Al estabilizar el agregado con cal hidratada, tampoco se logró exceder el requerimiento de resistencia la compresión confinada del CR-2010 para una base estabilizada. Sin embargo, el comportamiento mostrado fue mejor al cemento, al dosificar entre 1.5% y 2.8% se obtuvieron resistencias entre 1.0MPa y 2.2 MPa. Esto indica que se podría construir capas granulares mejoradas con cal con el material analizado que permiten obtener un aporte estructural valioso.

Sobre el camino Montezuma C6-01-128

- El TPD estimado en este camino fue de 279 vehículos/día con 2.2% de vehículos pesados. Se evaluó una sección de 500m que tiene una pendiente promedio de 10%. Se tiene un espesor promedio de 10 cm de capa de material granular combinado con suelo sobre la subrasante que corresponde a suelos arenosos-

limosos cuyo resultado del ensayo de perforación con DCP es de CBR en sitio promedio de 77% en la subrasante. Además, se observó el afloramiento de roca natural en algunos sitios de esta sección del aminorado.

Sobre el camino Delicias C6-01-038

- El TPD estimado de este camino fue de 674 vehículos/día, con 12% de vehículos pesados.
- Se evaluó una sección de 2.5 km del camino desde la Escuela Delicias hasta la Plaza de fútbol, donde la superficie de riego existente es una capa de suelo combinado con grava con espesor de 20 a 25 cm, sobre el suelo subrasante tipo limoso elástico con arena y grava de baja capacidad de soporte con valores de CBR en sitio promedio en la subrasante de 10% a 11%.

Sobre el camino Santa Teresa C6-01-001

- El TPD estimado de este camino fue de 1712 vehículos/día, con 9% de vehículos pesados en la zona de Santa Teresa, mientras que en Malpaís fue de 1436 vehículos/día con 4% de vehículos pesados.
- Se evaluaron cuatro secciones que suman una longitud total de 8 km, donde se observó una capa de material granular de rodadura existente con espesor variable entre 10 y 25 cm, sobre un relleno de material granular combinado con suelo tipo gravas arcillosas y limosas en espesores variables de 20 a 60 cm. Las mediciones de CBR en sitio con el DCP indicaron valores promedio de 17% a 31 % para la subrasante.
- Se evaluó el material de capa granular de rodadura existente en la rasante del camino Santa Teresa para ser estabilizado con emulsión, cemento y cal. Los mejores resultados se obtuvieron con la cal hidratada, ya que se alcanzó la resistencia indicada en el CR-2010 de 2.8 MPa a los 7 días con dosificaciones entre 2.6 y 5.0%. Con cemento hidráulico se alcanzó la misma resistencia de especificación con dosificaciones entre 3.0% y 4.7%. Mientras que se observó que el comportamiento del material al mezclarlo con emulsión asfáltica no es ideal, ya que no se obtiene buen recubrimiento y tampoco adhesión entre las partículas del agregado.

Sobre el camino San Isidro C6-01-037

- El TPD estimado de este camino fue de 1834 vehículos/día, con 8.5% de vehículos pesados.
- Se realizaron sondeos en algunos sitios donde se observaron deterioros de la superficie de rueda y en especial un tramo de 150m, hacia el final de la sección evaluada, donde se presentaron severas deformaciones de la estructura de pavimento.
- En las zonas de los sondeos 9 y 10 se tiene un TSB como superficie de rueda, luego material de base granular mejorada con cemento en espesor aproximado a 30 cm, sobre subrasante que presenta valores de CBR en sitio entre 68% y 13%.
- En el tramo de 150 m donde se presentan severas deformaciones de la estructura de pavimentos del camino, se observó que el TSB se destruyó completamente y se mantiene un material granular combinado con suelo en espesor aproximado de 20 cm con CBR en sitio promedio de 12% sobre suelo subrasante tipo arcilla plástica con CBR en sitio promedio de 7% a 9%.
- En el tramo de 150 m se observó presencia de humedad proveniente del talud del lado izquierdo y nivel freático superficial. Además, no se descarta que pueda existir inestabilidad global del terreno por un posible deslizamiento local, lo cual debería ser evaluado y determinado por un geólogo o ingeniero geotecnista.

10. Recomendaciones.

- Se recomienda revisar la condición y adecuado funcionamiento de las estructuras de drenaje pluvial existente a lo largo de los caminos a intervenir. Esto incluye verificar la ubicación, cantidad, condición y dimensiones de las cunetas, los pasos de alcantarilla transversales, cabezales, sangradores y canales de salida de agua pluvial hacia cauces cercanos. Lo anterior para evitar que la nueva estructura de pavimento a construir sufra deterioros por el inadecuado drenaje de aguas pluviales.
- La definición final acerca del tipo secciones transversales a utilizar, de acuerdo a lo recomendado en este informe, deberá ser formulada finalmente por el Departamento

de Ingeniería del Distrito, de acuerdo a su criterio técnico y análisis de los recursos disponibles.

- Se recomienda que el diseño final para el mejoramiento de los caminos, considere espacio y/o señalización para todos los usuarios de la vía, incluyendo peatones y ciclistas. También se recomienda la inclusión de los elementos de accesibilidad, principalmente en los caminos más urbanos (por ejemplo el camino Santa Teresa), por ejemplo rampas y superficies táctiles para no videntes.
- Se recomienda elaborar planos constructivos para la formulación del proyecto de intervención del camino, de manera que se detalle claramente el alcance y especificaciones de las obras a realizar.

Sobre el material granular de la cantera local Tajo Delicias

- Se recomienda consultar con un geólogo experto en el análisis de fuentes de materiales para que estime el potencial y factibilidad de realizar un proceso de extracción formal de agregado en la cantera local Tajo Delicias. Este profesional podría determinar el tipo, origen, volumen disponible de material granular e impacto ambiental asociado a la extracción.
- Se recomienda que previo a realizar un proyecto de construcción de carretera, donde se utilice el agregado de esta fuente para ser estabilizado con cemento o cal, se realice el diseño de mezcla correspondiente dada la variabilidad que tiene el material debido al proceso de extracción no formal.

Sobre el camino Santa Teresa

- Se recomienda que previo a la intervención de la estructura de pavimentos del camino, se intervenga el sistema de drenaje pluvial, sanitario y potable para evitar futuras excavaciones a las obras viales recién terminadas, esto en coordinación con las instituciones pertinentes regentes de la materia.
- Se recomienda que al menos en el tramo 3 (Intersección Playa Carmen-El Peñon) se urbanice la vía y el sistema de evacuación de agua pluvial, se diseñe y construya por medio de cordón y caño, tragantes y descargas a los cuerpos de agua más cercanos de acuerdo a las normas definidas por la institución regente en la materia.

- Se recomienda considerar a todos los usuarios de la vía en el diseño final de la intervención del camino, incluyendo peatones, ciclistas y motorizados, previendo un espacio y señalización adecuada para todos.

Sobre el camino San Isidro

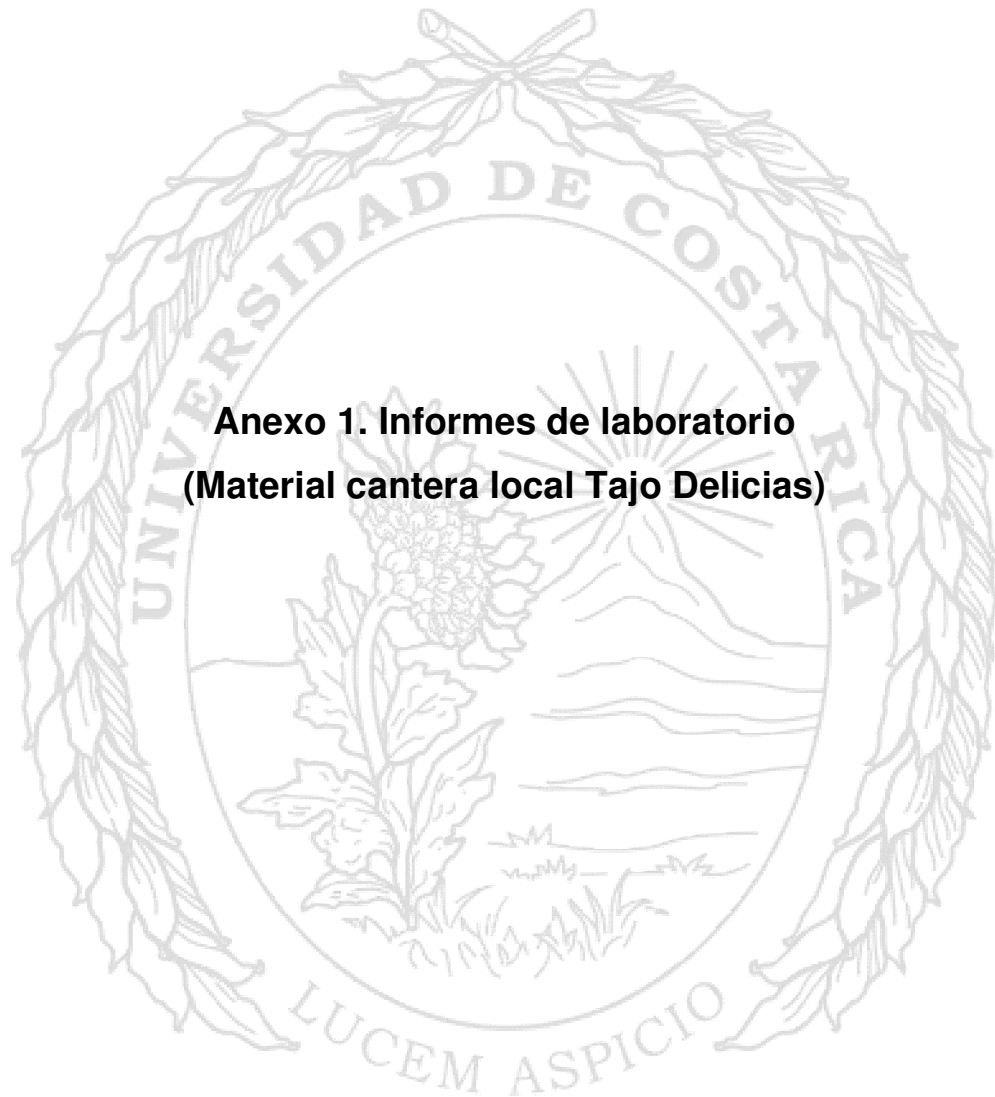
- Las recomendaciones realizadas en este informe para el tramo de 150 m se limitan a mejorar las condiciones de drenaje de agua pluvial y subterránea observados en el sitio y que podrían ser parte del origen de los problemas de estabilidad del camino. Por esta razón, se recomienda la colocación de dos trincheras de subdrenaje a ambos lados del camino y una capa de subbase granular drenante, con geotextil como separador.
- Se recomienda que el tramo de 150 m hacia el final del camino, sea analizado por un geólogo o ingeniero geotecnista para que determine si el sitio es parte de un deslizamiento o por el contrario los problemas de estabilidad del camino son consecuencia de la tipología de suelos y presencia de humedad solamente.

11. Referencias bibliográficas

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Guide for the Design of Pavement Structures* [Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento]. (7ta Ed), Washington, D.C., EEUU: Autor.
- Arias Barrantes, E. (2014). *Recomendaciones Técnicas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con la Incorporación de Criterios Mecánicos-Empíricos*. San José: PITRA, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- Department of Transport, Republic of South Africa. (1996). *Structural Design for flexible pavement for interurban and rural roads (TH4)*. Pretoria, South Africa.
- Erasmus-Liebennberg, J. J. (2003). *A Structural Design Procedure For Emulsion Treated Pavemente Layers*. University of Pretoria, Faculty of Engineering, Built Enviroment and Information Technology, Pretoria.
- Instituto Metereológico Nacional. (n.d.). *Atlas Cilmatológico Interactivo*. Costa Rica: Autor.
Descargado de: http://www.imn.ac.cr/mapa_clima/interactivo/index.html
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2013). Anuario de información de tránsito 2012. Descargado de:
<http://www.mopt.go.cr/planificacion/carreteras/AnuarioTr%C3%A1nsito2012.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007).Oficio DVOP-5170-07. Lineamientos diseño de pavimento por Ing. Pedro Castro PhD.
- Ulloa, Á; Badilla, G; Allen, J; Sibaja, D(2007). Encuesta de Carga. Unidad de Investigación. Proyecto #PI-01-PIIVI-2007. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Yang H. Huang. (2004). *Pavement Analysis and Design* [Análisis y Diseño de Pavimentos]. (2da Ed), New, Jersey, EEUU: Prentice Hall.

12. Anexos

Anexo	Contenido
1	Informes de laboratorio (Material cantera local Tajo Delicias)
2	Resistencia compresión inconfiada con cemento y cal (Material cantera local Tajo Delicias)
3	Datos de conteos vehiculares
4	Datos de sondeos a cielo abierto
5	Informes de laboratorio caracterización de suelos (Sondeos)
6	Estimación CBR en sitio con ensayos DCP
7	Informes de laboratorio de material existente camino Santa Teresa y resultados de estabilización (cemento y cal)
8	Recomendaciones de secciones transversales y estructuras de pavimento



**Anexo 1. Informes de laboratorio
(Material cantera local Tajo Delicias)**



No. de informe: I-1545-16

Informe de Ensayo

RC-80 v.06 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 1411 -16

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal, PITRA
Ing. Alonso Ulate Castillo

Proyecto: CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE MATERIALES GRANULARES

Domicilio: Universidad de Costa Rica, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

ASTM C136 (**). Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

AASHTO T 180 (**). Método estándar de ensayo para la relación densidad-humedad de materiales granulares usando mazo de 4,54 kg y una caída de 457 mm.

AASHTO T 89 y AASHTO T 90 (**). Métodos estándar de ensayo para la determinación de los límites de Atterberg.

(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

(**) Ensayo no acreditado.

3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

No. de identificación: **Descripción:**

M-2525 -16	3 Sacos y medio con grava de tajo (veta superior), identificados como: M1.
M-2526 -16	3 Sacos y medio con grava de tajo (veta inferior), identificados como: M2.
M-2727 -16	Combinación de dos materiales granulares 2525-16 y 2526-16 en proporciones iguales.





**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**



No. de informe: I-1545-16

Aportadas por: Ing. Alonso Ulate

Fecha de recepción: 2016/10/20

Fecha de realización del ensayo: 2016/11/14 al 2016/11/23

4. Información del muestreo :

NA

5. Resultados :

El material indicado se conformó combinando en partes iguales los dos materiales (2526-16 y 2526-16), según lo indicó el cliente.

Posteriormente se cuarteó el material para llevar a cabo los ensayos de análisis granulométrico, límites de Atterberg y Próctor modificado.



No. de informe: I-1545-16

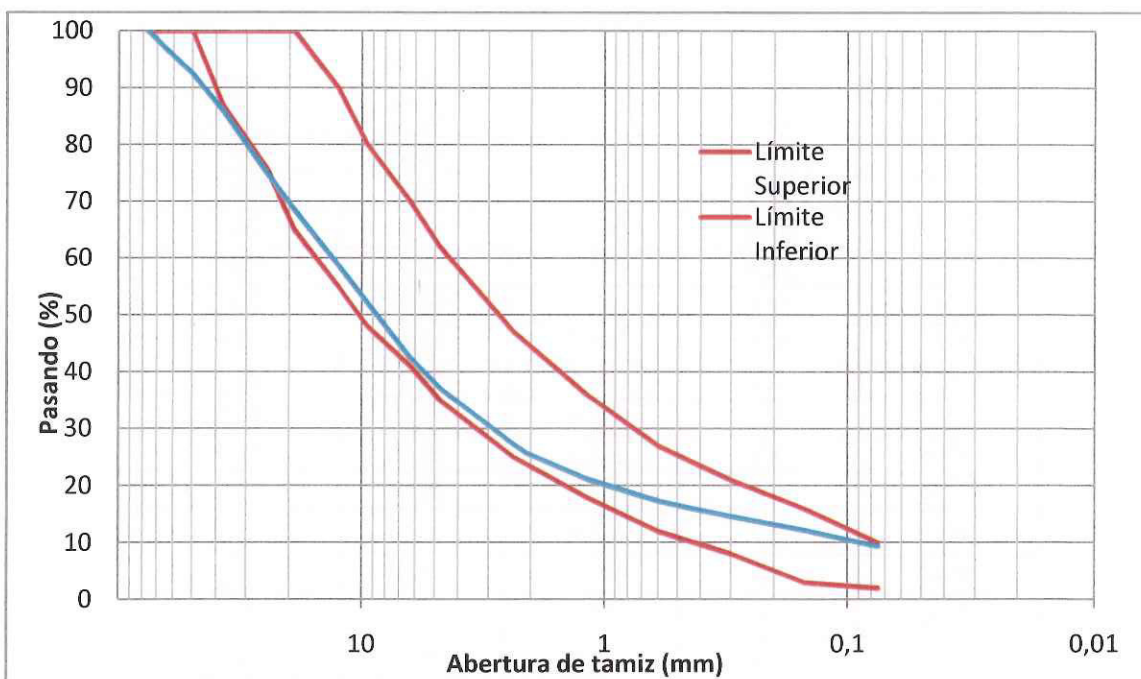
Tabla N° 1: Resultados del análisis granulométrico
Muestra: 2727-16

Tamiz Pulg.	Porcentaje		Especificación ¹	
	mm.	Pasando (%)	Granulometría recomendada	
			Min	Max
3"	76,0	100,0	100,0	100,0
2 1/2 "	64,0	96,8	100,0	100,0
2"	50,0	92,5	100,0	100,0
1 1/2"	37,5	86,0	87,0	100,0
1"	25,0	75,1	76,0	100,0
3/4"	19,0	68,5	65,0	100,0
1/2"	12,5	58,7	55,0	90,0
3/8"	9,5	52,1	48,0	80,0
1/4"	6,3	42,4	41,0	70,0
N° 4	4,8	37,1	35,0	62,0
N° 8	2,4	27,2	25,0	47,0
N° 10	2,1	25,8	----	----
N° 16	1,2	21,2	18,0	36,0
N° 30	0,6	17,3	12,0	27,0
N° 40	0,4	15,9	10,0	24,0
N° 50	0,3	14,6	8,0	21,0
N° 100	0,2	12,2	3,0	16,0
N° 200	0,1	9,3	2,0	10,0

¹ Referencia Surafricana: Wirtgen. Wirtgen Cold Recycling Technology. Windhagen : Wirtgen GmbH, 2012.

No. de informe: I-1545-16

Gráfica N° 1: Granulometría del material ensayado
Muestra: 2727-16



No. de informe: I-1545-16

**Tabla N° 2: Resultados de densidad máxima seca del ensayo de densidad
Muestra: 2727-16**

Ensayo No.	1	2	3	4
Masa de muestra seca	2000	2000	2000	2000
Porcentaje agua adicionado (%)	0,0%	4,0%	2,0%	6,0%
Masa de agua adicionada (g)	0	80	40	120
Masa húmeda + molde (g)	5877,4	5993,1	5969,3	5964,8
Masa del molde, (g)	4159,2	4159,2	4159,2	4159,2
Masa húmeda, (g)	1718,2	1833,9	1810,1	1805,6
Volumen del molde, (cm ³)	945	945	945	946
Densidad húmeda, (Kg/m ³)	1818,7	1941,2	1916,0	1909,2
Densidad seca, (Kg/m³)	1553,1	1614,6	1620,3	1577,1

**Tabla N° 3: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 2727-16**

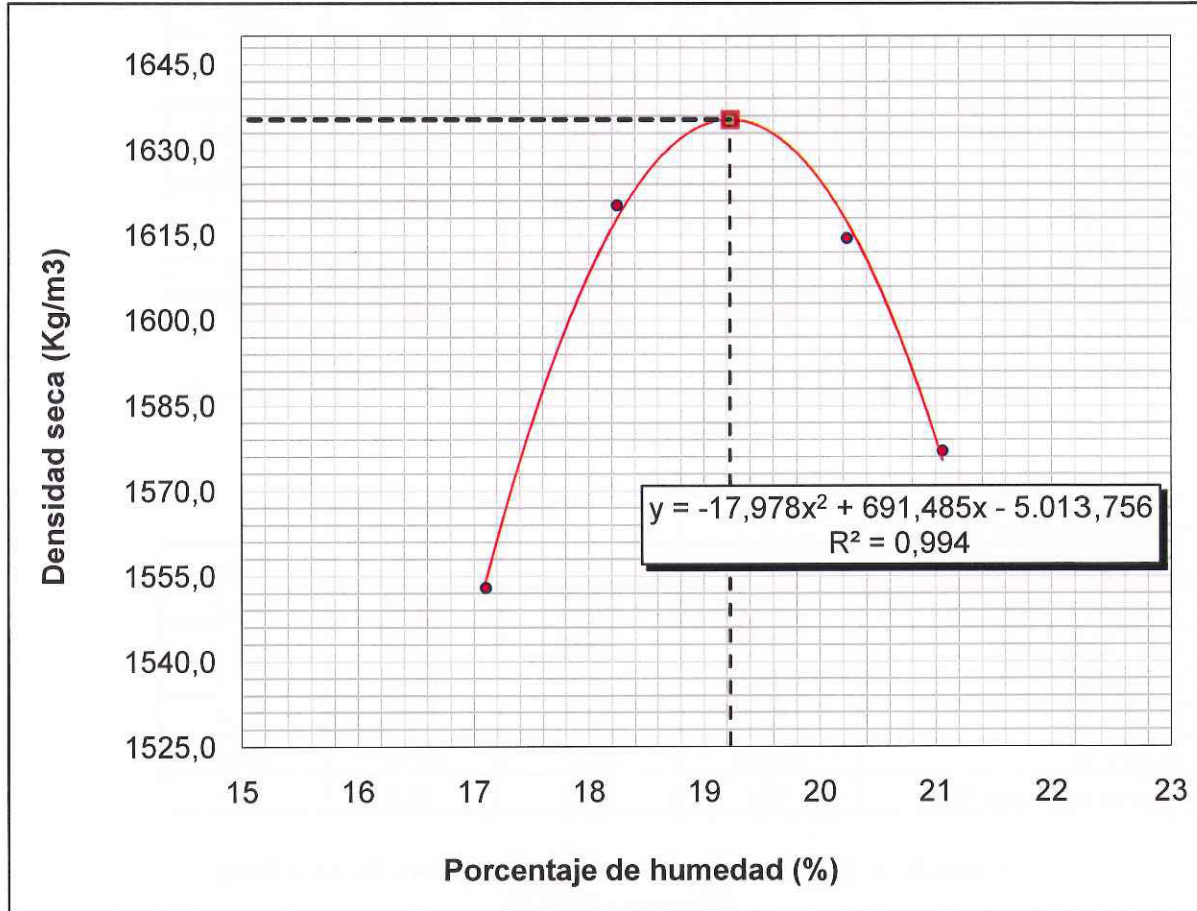
Identificación de bandeja	1	2	3	4
Porcentaje agua adicionado (%)	0,0%	4,0%	2,0%	6,0%
Masa humedad + bandeja (g)	663,2	678,2	643,4	581,3
Masa seca + bandeja (g)	583,9	584,6	562,9	501,3
Masa bandeja (g)	120,3	121,9	121,7	121,4
Masa de agua (g)	79,3	93,6	80,5	80,0
Masa de seca (g)	463,6	462,7	441,2	379,9
Porcentaje de humedad (%)	17,1	20,2	18,2	21,1

**Tabla N° 4: Resultados de los ensayos de límites de Atterberg
Muestra: 2727-16**

Limite líquido (LL):	56
Limite plástico (LP):	37
Índice plasticidad (IP):	19

No. de informe: I-1545-16

Gráfica N° 2: Relación densidad - humedad del material
Muestra: 2727-16



Densidad máxima seca:	1635,4	Kg/m ³
Porcentaje óptimo humedad:	19	%
Densidad húmeda:	1950	Kg/m ³
METODOLOGIA	"A"	
No.Capas	3	
No.Golpes/ capa	25	
Molde	4"	



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**



No. de informe: I-1545-16

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:

Ing. Andrea Ulloa Calderón
*Jefe Laboratorio de Mezclas
Bituminosas*

Revisó:

Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA
*Coordinador Laboratorios de
Infraestructura Vial*

Aprobó:

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR





No. de informe: I-0164-17

Informe de Ensayo

RC-80 v.07 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0165-17

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal.

Proyecto: Abrasión.

Domicilio: 400 metros norte de Muños & Nanne, San Pedro de Montes de Oca.

2. Método de ensayo:

IT-CA-07 (ASTM C 131) (**)

Determinación de la resistencia a la degradación de agregados gruesos menores que 37,5 mm por abrasión e impacto en la máquina.



(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.

(**) Ensayo no acreditado

3. Información de las muestras o especímenes de ensayo:

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
2525-16	3 Sacos y medio con grava de tajo (veta superior). Identificados por el cliente como: M1.
2526-16	3 Sacos y medio con grava de tajo (veta inferior). Identificados por el cliente como: M2.
2727-16	8 Sacos con material granular, combinación de las muestras M-2525-16 y M-2526-16.





No. de informe: I-0164-17

Aportadas por:

Muestra: 2525-16
Aportada por: Ing. Alonso Ulate.

Muestra: 2526-16
Aportada por: Ing. Alonso Ulate.

Muestra: 2727-16
Aportada por: Ing. Alonso Ulate.

Fecha de recepción:

Muestras: 2525-16 y 2526-16
Fecha de recepción: 2016/10/20

Muestra: 2727-16
Fecha de recepción: 2016/11/21

Fecha de realización del ensayo:

2017/02/17-2017/02/21

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo:

Muestra: 2525-16
Fecha de muestreo: 2016/10/13

Muestra: 2726-16
Fecha de recepción: 2016/10/14

Ubicación:

Tajo las Delicias, San Isidro.

Procedimiento de muestreo:

Muestreo de agregado realizado por la Unidad de Gestión Municipal de acuerdo a la norma ASTM D-75.
Personal responsable de las muestras: Ing. Alonso Ulate.

Condiciones ambientales:

No aplica pues los especímenes en el laboratorio se acondicionan.





No. de informe: I-0164-17

5. Resultados:

Tabla 1. Resultados del ensayo para determinar la resistencia a la degradación de agregados gruesos menores que 37,5 mm por abrasión e impacto en la Máquina de las Ángeles.

ABRASIÓN TIPO	DESGASTE (%)
A	39,1

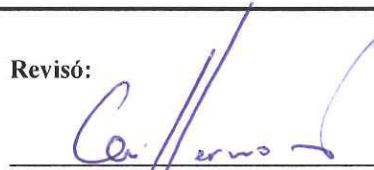
Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:


Ing. Eimer Rodriguez Rojas
Jefe Laboratorio de Concreto y Agregados

Revisó:


Ing. Guillermo González Beltrán, Ph.D.
Coordinador General de Laboratorios

Aprobó:


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR





No. de informe: I-0262-17

Informe de Ensayo

RC-80 v.07 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0211-17

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal.

Proyecto: Distrito Cóbano Puntarenas.

Domicilio: 400 metros norte de Muños & Nanne, San Pedro de Montes de Oca.

2. Método de ensayo:

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-12 (ASTM D 3744) (*)
 Método estándar de ensayo para el índice de durabilidad en agregados.



(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.

3. Información de las muestras o especímenes de ensayo:

No. de identificación: 342-17

Descripción: 3 sacos (aprox 90 kg), Grava, Tajo Delicias, Cobano. Identificados como: Cobano, Tajo Delicias.

Aportadas por: Ing. Alonso Ulate.

Fecha de recepción: 2017/02/28

Fecha de realización del ensayo: 2017/03/07 - 2017/03/21





No. de informe: I-0262-17

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo:

2016/02/24

Ubicación:

Tajo las Delicias, Cóbano.

Procedimiento de muestreo:

Muestreo de agregado realizado por la Unidad de Gestión Municipal de acuerdo a la norma ASTM D-75. Personal responsable de las muestras: Ing. Alonso Ulate.

Condiciones ambientales:

No aplica pues los especímenes en el laboratorio se acondicionan.

5. Resultados:

Tabla 1. Resultado del análisis granulométrico de agregado por mallas.

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	1979,80	8	8	92
1"	25,0	2606	11	20	80
3/4"	19,0	2539	11	30	70
1/2"	12,5	2472	11	41	59
3/8"	9,50	1707	7	48	52
Nº 4	4,75	2853	12	61	39
Nº 8	2,36	2050	9	69	31
Nº 10	2,00	422	2	71	29
Nº 16	1,18	1167	5	76	24
Nº 20	0,85	548	2	78	22
Nº 30	0,60	476	2	80	20
Nº 40	0,43	353	2	82	18
Nº 50	0,30	309	1	83	17
Nº 60	0,25	148	1	84	16
Nº100	0,15	341	1	85	15
Nº200	0,08	373	2	87	13
				LAVADO MALLA # 200	30





No. de informe: I-0262-17

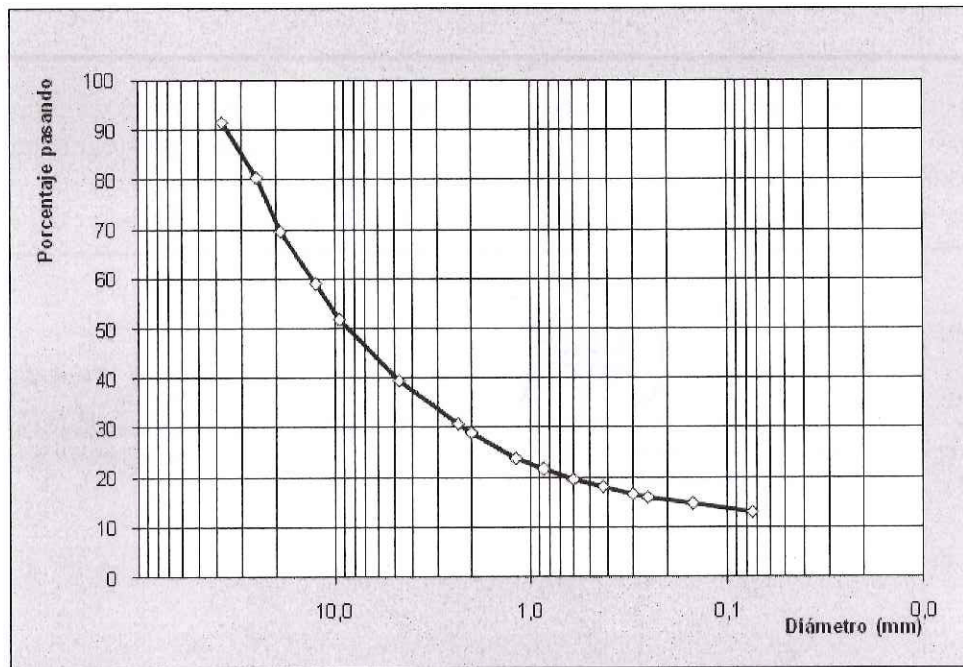


Gráfico 1. Granulometría de agregados.

Tabla 2. Resultados del ensayo para la determinación el índice de durabilidad en la porción gruesa agregado aportado.

IDENTIF. MUESTRA	INDICE DE DURABILIDAD
1	50
2	50
3	49

Tabla 3. Resultados del ensayo para la determinación el índice de durabilidad en la porción fina del agregado aportado.

IDENTIF. MUESTRA	LECTURA ARCILLA	LECTURA ARENA	INDICE DE DURABILIDAD
1	186	80	44
2	196	70	36
3	192	72	38

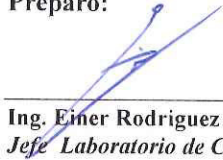


No. de informe: I-0262-17

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:



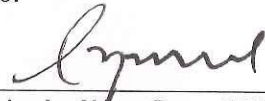
Ing. Eimer Rodriguez Rojas
Jefe Laboratorio de Concreto y Agregados

Revisó:



Ing. Luis Carlos Meseguer Quesada, MBA.
Coordinador de Laboratorios
de Infraestructura Civil

Aprobó:



Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR





No. de informe: I-0267-17

Informe de Ensayo

RC-80 v.07 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0235-17

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal.

Proyecto: Distrito Cóbano, Puntarenas.

Domicilio: 400 metros norte de Muñoz y Nanne, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

IT-GC-01 (ASTM D 422) (**)
Método de ensayo para el análisis de tamaño de partículas de suelo (vía seca y húmeda).

IT-GC-04 (ASTM D 854) (*)
Procedimiento para determinar la gravedad específica del suelo mediante un picnómetro con agua.

IT-GC-05 (ASTM D 4318) (*)
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

IT-GC-06 (AASHTO T 99) (*)
Procedimiento estandar de ensayo para la relación densidad-humedad de suelos usando un mazo de 2,5 kg y una caída de 305 mm

IT-GC-08 (AASHTO T 193) (*)
Método estándar de ensayo para determinar el índice de soporte de California (CBR).



(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.
(**) Ensayo no acreditado.

3. Información de las muestras o especímenes de ensayo:

No. de identificación:	Descripción:
0341-17	1 Saco con material subrasante de aproximadamente 45 kg. Identificados por el cliente como: Cóbano, sondeo N°3, procedente de: camino San Isidro, Cóbano. Suelo arcilloso, color grisáceo, combinado de vetas blancas.





No. de informe: I-0267-17

0342-17

3 Sacos con material de grava de aproximadamente 90 kg. Identificados por el cliente como: Cóbano, Tajo Delicias.

Aportadas por:

Ing. Alonso Ulate.

Fecha de recepción:

2017/02/28

Fecha de realización del ensayo:

2017/03/08-2017/03/21

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo:

2017/02/23

Ubicación del muestreo:

Puntareneas, Cóbano.

Procedimiento de muestreo:

Muestreo de agregado realizado por la Unidad de Gestión Municipal de acuerdo a la norma ASTM D-75. Personal responsable de las muestras: Ing. Alonso Ulate.

Condiciones ambientales:

No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

5. Resultados:

Tabla 1 . Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo, muestras indicadas.

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
0341-17	55	31	24
0342-17	49	34	15

Nota:

- Las muestras fueron acondicionadas por el método de preparación seco.
- Procedimiento por el cual fue determinado el límite líquido, es por el método A, método multipunto.

Tabla 2. Gravedad específica del suelo, muestra 0341-17.

MÉTODO	G _T	G _S
B	2,732	2,730





No. de informe: I-0267-17

Tabla 3. Análisis granulométrico de suelos vía seca, muestra: 0341-17.

MASA INICIAL: 1673 g MASA FINAL: 130 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/4"	19,0	0,00	0,0	0,0	100
1/2"	12,5	7,73	0,5	0,5	100
3/8"	9,50	2,27	0,1	0,6	99
Nº 4	4,75	11,2	0,7	1,3	99
Nº 10	2,00	9,55	0,6	1,8	98
Nº 20	0,85	8,72	0,5	2,4	98
Nº 40	0,43	5,85	0,3	2,7	97
Nº60	0,25	6,35	0,4	3,1	97
Nº100	0,15	12,9	0,8	3,9	96
Nº140	0,11	20,8	1,2	5,1	95
Nº200	0,08	44,2	2,6	7,7	92

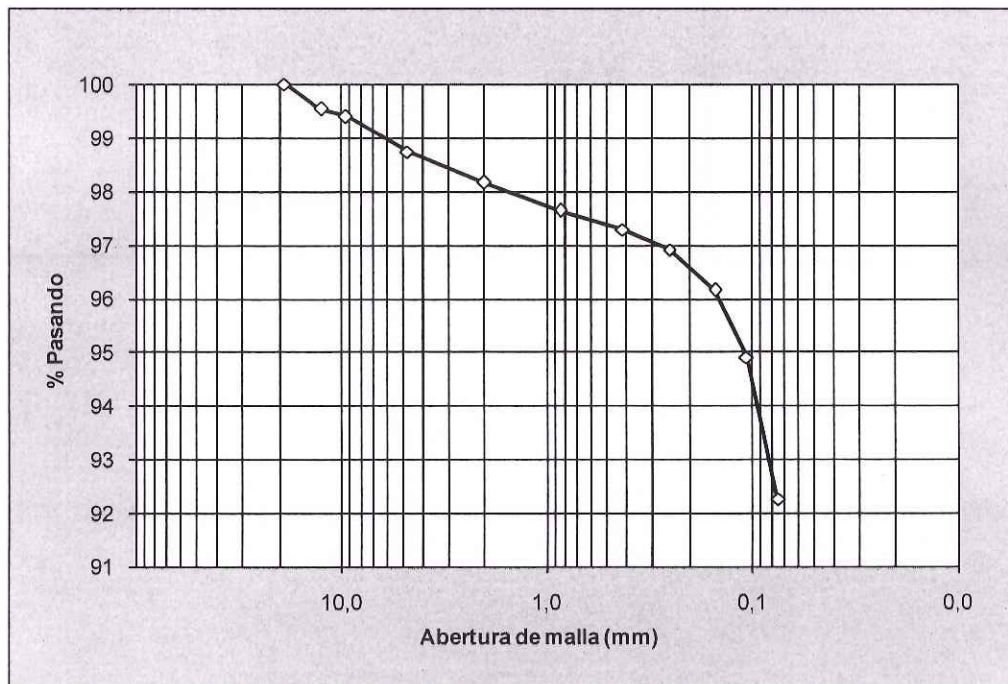
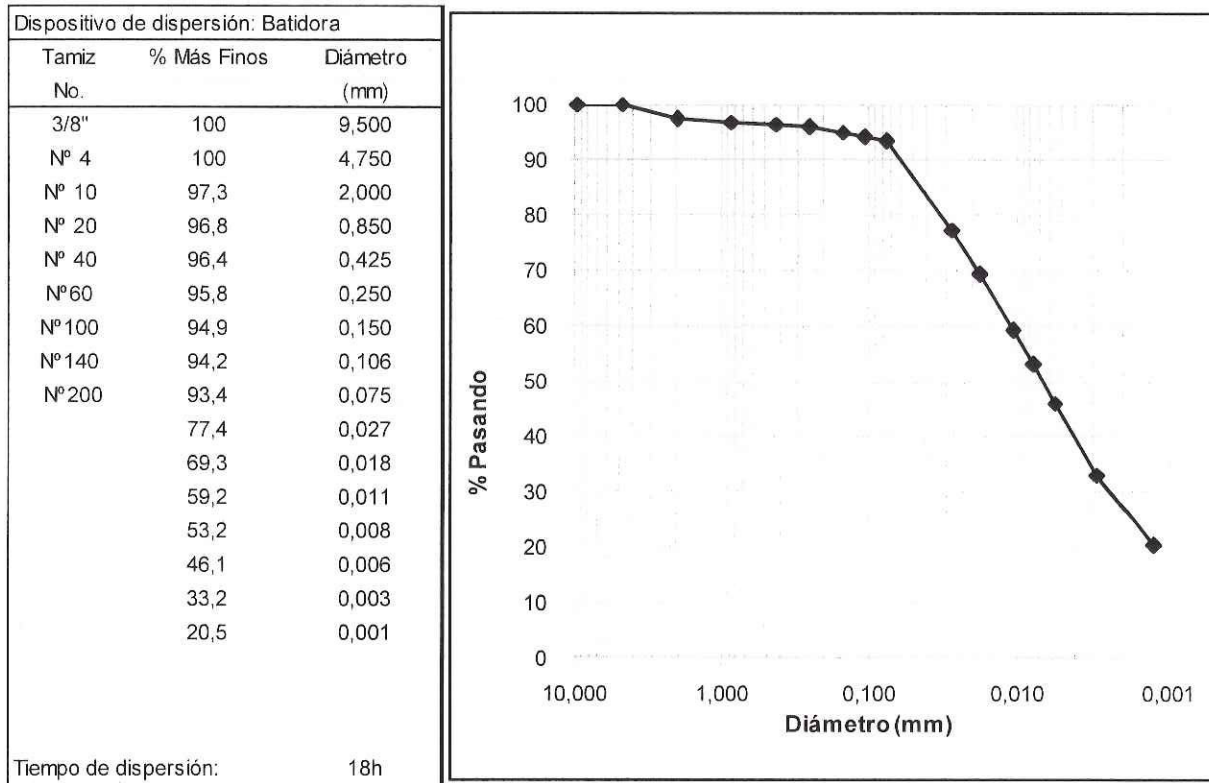


Gráfico 1. Curva granulométrica, muestra: 0341-17.



No. de informe: I-0267-17

Tabla 4 . Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra: 0341-17.



Nota:

- El ensayo del hidrómetro es realizado para todas las muestras con material pasando el tamiz Nº 10.



No. de informe: I-0267-17

Tabla 5. Resultados próctor estándar, muestra: 0341-17.

RESULTADOS	
Ensayo	Próctor Estándar
Método	C
Contenido de agua óptimo	22,6%
Densidad seca máxima estándar	1544 kg/m ³
Forma de la superficie	Circular

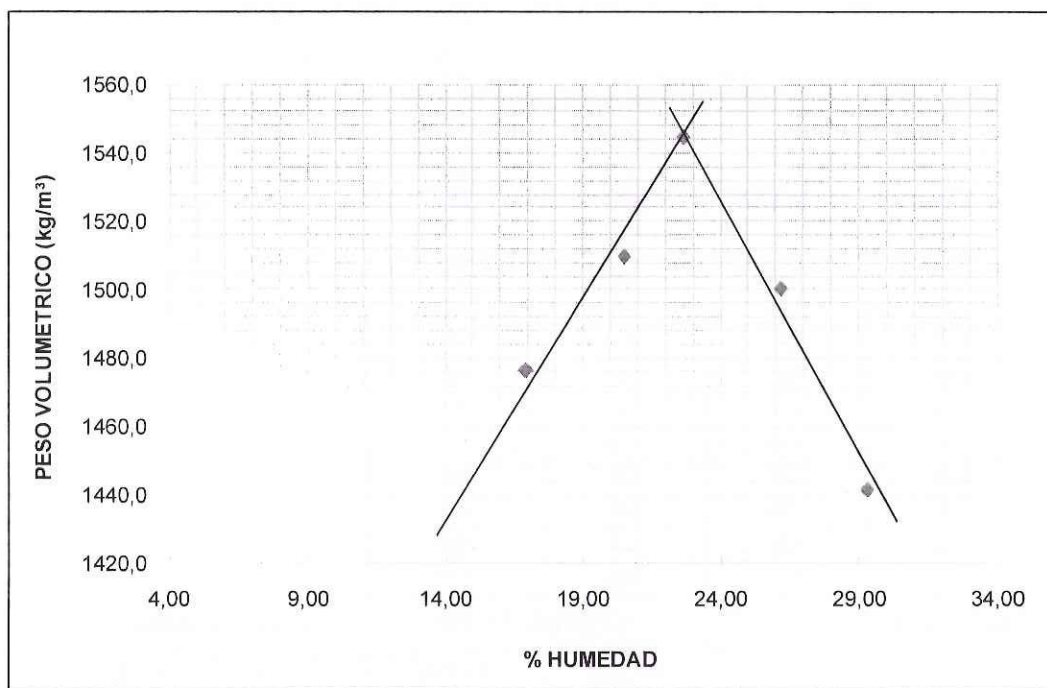


Gráfico 2. Peso volumétrico contra humedad, muestra: 0341-17.



No. de informe: I-0267-17

Tabla 6. Resultados de CBR, muestra: 0341-17.

SIMBOLOGÍA					
δs	Densidad seca				
C	Porcentaje de compactación				
W	Porcentaje de humedad en cada espécimen				
*	No se tomaron lecturas de deformación				
GOLPES	MOLDE	δs (kg/m ³)	C (%)	W (%)	
56	57	1506,8	97,6	22,3	
25	59	1414,7	91,6	22,4	
10	60	1229,7	79,6	23,1	
MOLDE	% EXPANSIÓN				
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	
57	*	*	4,92	4,95	
59	*	*	4,09	4,04	
60	*	*	2,70	2,75	
PENETRACIÓN (mm)	ESFUERZO UNITARIO DE COMPACTACIÓN MOLDES				
	57 (kPa)	59 (kPa)	60 (kPa)		
0,000	0	0	0		
0,64	28	39	27		
1,27	46,5	49	40		
1,91	98	61	49		
2,54	157	101	58		
3,18	210	143	67		
3,81	256	175	73		
5,08	325	231	86		
7,62	404	284	100		
10,2	461	332	107		
12,7	518	380	117		
No. GOLPES	C (%)	% CBR CALCULADO		% CBR CORREGIDO	
		0,1 pulg 2,54 mm	0,2 pulg 5,08 mm	0,1 pulg 2,54 mm	0,2 pulg 5,08 mm
56	97,6	2,3	3,2	3,1	3,4
25	91,6	1,5	2,2	3,1	2,5
10	79,6	0,8	0,8	0,8	0,8

Nota:

- (*) No se registran valores pues son lecturas de fin de semana.
- Los valores de CBR para la curva de 56 y 25 golpes fueron corregidos por curvatura según norma.



No. de informe: I-0267-17

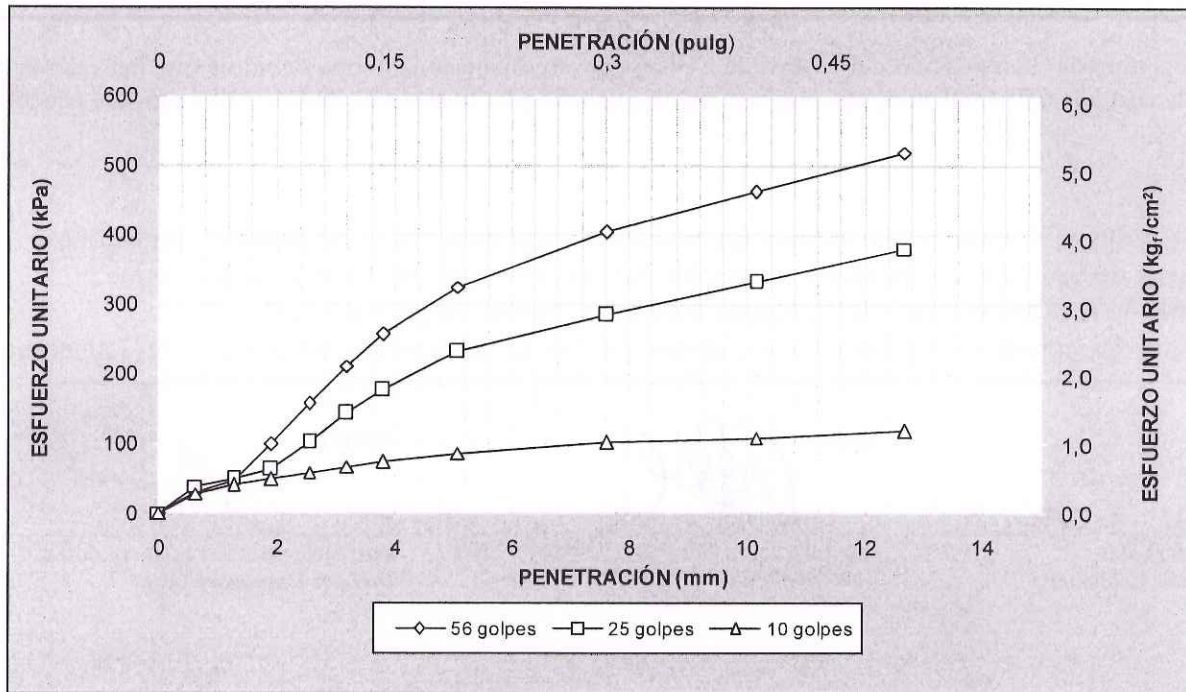


Gráfico 3. Esfuerzo unitario contra penetración, muestra: 0341-17.

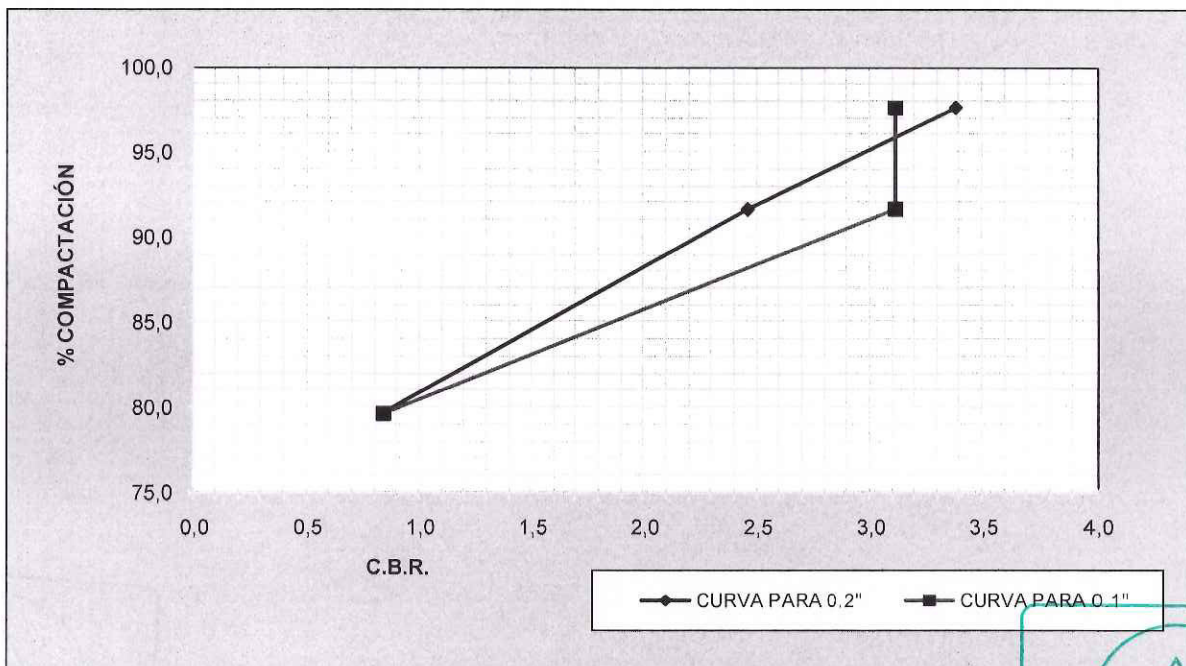


Gráfico 4. Porcentaje de compactación contra CBR, muestra: 0341-17.



No. de informe: I-0267-17

Nota:

- Se recomienda la repetición del ensayo de CBR, según lo establece la norma debido a que los valores de CBR para la curvade 0,2” (5,08 mm) son mayores que los valores para la curva de de 0,1” (2,54 mm) de penetración.

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:

Oscar Valerio Salas

Ing. Oscar Valerio Salas
Jefe Laboratorio de Geotecnia

Revisó:

Luis Carlos Meseguer Quesada

Ing. Luis Carlos Meseguer Quesada, MBA
Coordinador de Laboratorios
de Infraestructura Civil

Aprobó:

Alejandro Navas Carro

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



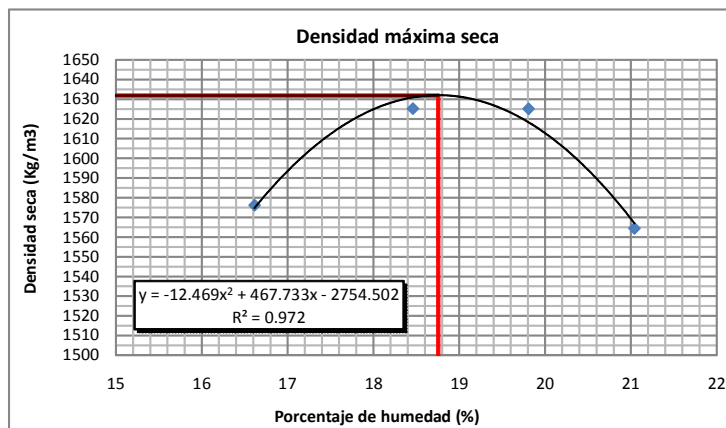


**Anexo 2. Estabilización del material cantera local Tajo Delicias
(cal y cemento)**

Estabilización con cemento hidráulico

Relación densidad-humedad (AASHTO T180)

DENSIDAD MÁXIMA SECA						PORCENTAJE DE HUMEDAD					
Ensayo No.	1	2	3	4	5	Identificación de bandeja	1	2	3	4	5
Masa de muestra seca	2500	2500	2500	2500	2500						
Porcentaje agua adicionado (%)	17.0%	19.0%	21.0%	23.0%	0.0%	Porcentaje agua adicionado (%)	17.0%	19.0%	21.0%	23.0%	0.0%
Masa de agua adicionada (g)	425	475	525	575	0						
Masa húmeda + molde (g)	5917.0	5999.4	6019.9	5969.4	0.0	Masa húmeda + bandeja (g)	715.6	736.3	817.2	780.0	
Masa del molde, (g)	4180.5	4180.5	4180.5	4180.5	4180.5	Masa seca + bandeja (g)	630.9	640.4	702.1	665.6	
Masa húmeda, (g)	1736.5	1818.9	1839.4	1788.9	-4180.5	Masa bandeja (g)	121.1	120.9	121.0	121.9	121.4
Volumen del molde, (cm ³)	944.736	944.736	944.736	944.736	945.736	Masa de agua (g)	84.7	95.9	115.1	114.4	0.0
Densidad húmeda, (Kg/m ³)	1838	1925	1947	1894	-4420	Masa de seca (g)	509.8	519.5	581.1	543.7	-121.4
Densidad seca, (Kg/m ³)	1576	1625	1625	1564	-4420	Porcentaje de humedad (%)	16.6	18.5	19.8	21.0	0.0



Densidad máxima seca:	1632	Kg/m ³
Porcentaje óptimo humedad:	18.8	%
Densidad húmeda:	1938	Kg/m ³
METODOLOGIA	"C"	
No. Capas	5	
No. Golpes/ capa	25	
Molde	4"	

Porcentaje de compactación (ASTMD 558)

Densidad seca Próctor (kg/m ³)	1632
Humedad óptima (%)	18.8

Especímen	1	2	3	4	5	6
Masa del molde (g)	4180.4	4180.4	4180.4	4180.4	4180.4	4180.4
Masa molde + suelo húmedo (g)	5986.6	5980.3	5981.4	5983.2	5987.3	5996.4
Masa de suelo húmedo (g)	1806.2	1799.9	1801.0	1802.8	1806.9	1816.0
Volumen del molde (cm ³)	944.0	944.0	944.0	944.0	944.0	944.0
Densidad seca real (kg/m ³)	1638	1631	1619	1637	1625	1632
Humedad espécimen (%)	16.9	17.0	17.9	16.7	17.9	18.0
Porcentaje de compactación (%)	100.4	99.9	99.2	100.3	99.6	100.0

Cápsula #	16	19	29	32	35	38
Peso de capsula (g)	120.9	121.7	120.7	121	120.4	121.8
Peso cápsula + muestra húmeda (g)	808	768.7	659.4	707.6	697.5	647.3
Peso cápsula + muestra seca (g)	708.8	674.8	577.6	623.5	609.9	567.3
Humedad de muestra (%)	16.9	17.0	17.9	16.7	17.9	18.0

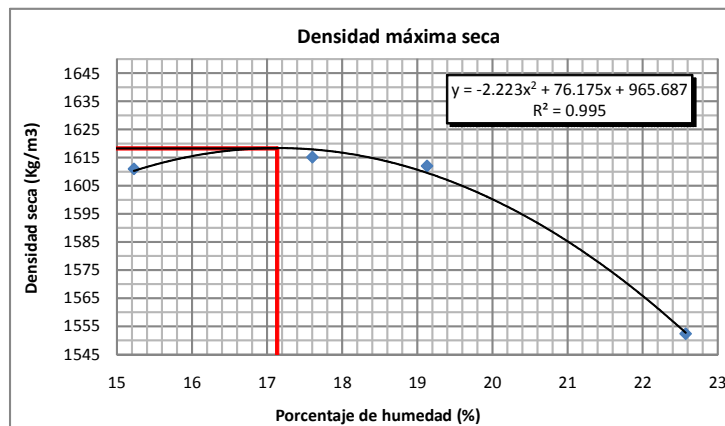
Resistencia compresión inconfiada (ASTM D-1633)

No. ESPECIME N	% cemento	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSA L (cm ²)	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm ²)	EDAD DE FALLA (días)
1	2.5	102	117	80.9	1.15	11.0	1359	14	7
2	2.5	102	118	81.3	1.16	6.9	849	9	7
3	3	102	117	81.4	1.15	10.9	1339	14	7
4	3	102	117	81.4	1.15	14.0	1721	18	7
5	3.5	102	117	81.3	1.15	15.1	1857	19	7
6	3.5	102	117	81.5	1.15	15.4	1890	19	7
PROMEDIO							1502	15	
DES. EST							365	3.72	

Estabilización con cal hidratada

Relación densidad-humedad (AASHTO T180)

Ensayo No.	DENSIDAD MÁXIMA SECA					PORCENTAJE DE HUMEDAD					
	1	2	3	4	5	Identificación de bandeja	1	2	3	4	5
Masa de muestra seca	2500	2500	2500	2500	2500						
Porcentaje agua adicionado (%)	17.0%	19.0%	21.0%	23.0%	0.0%	Porcentaje agua adicionado (%)	17.0%	19.0%	21.0%	23.0%	0.0%
Masa de agua adicionada (g)	425	475	525	575	0						
Masa húmeda + molde (g)	5909.1	5949.8	5969.5	5952.9	0.0	Masa húmeda + bandeja (g)	685.5	707.7	693.7	694.3	
Masa del molde, (g)	4158.6	4158.6	4158.6	4158.6	4158.6	Masa seca + bandeja (g)	610.8	619.9	601.9	588.8	
Masa húmeda, (g)	1750.5	1791.2	1810.9	1794.3	-4158.6	Masa bandeja (g)	120.2	121.1	122.0	121.4	121.4
Volumen del molde, (cm ³)	943.000	943.000	943.000	943.000	943.000	Masa de agua (g)	74.7	87.8	91.8	105.5	0.0
Densidad húmeda, (Kg/m ³)	1856	1899	1920	1903	-4410	Masa de seca (g)	490.6	498.8	479.9	467.4	-121.4
Densidad seca, (Kg/m ³)	1611	1615	1612	1552	-4410	Porcentaje de humedad (%)	15.2	17.6	19.1	22.6	0.0



Densidad máxima seca:	1618	Kg/m ³
Porcentaje óptimo humedad:	17.1	%
Densidad húmeda:	1896	Kg/m ³
METODOLOGIA	"C"	
No. Capas	5	
No. Golpes/ capa	25	
Molde	4"	

Porcentaje de compactación (ASTMD 558)

Densidad seca Próctor (kg/m^3)	1618
Humedad óptima (%)	17.1

Especímen	1	2	3	4	5	6
Masa del molde (g)	4158.3	4158.3	4158.3	4158.3	4158.3	4158.3
Masa molde + suelo húmedo (g)	5990.5	5990.1	5972.5	5968.3	5965.6	5972.8
Masa de suelo húmedo (g)	1832.2	1831.8	1814.2	1810.0	1807.3	1814.5
Volumen del molde (cm^3)	941.7	941.7	941.7	941.7	941.7	941.7
Densidad seca real (kg/m^3)	1605	1621	1606	1587	1598	1613
Humedad espécimen (%)	21.0	19.8	19.8	20.9	19.9	19.3
Porcentaje de compactación (%)	99.2	100.2	99.2	98.1	98.7	99.7

Cápsula #	3	7	15	21	30	43
Peso de capsula (g)	120.1	119.5	120.3	120.6	121.4	121.5
Peso cápsula + muestra húmeda (g)	668.6	705.8	741.8	709.7	663.3	808.1
Peso cápsula + muestra seca (g)	573.5	608.9	639.2	607.9	573.3	697.2
Humedad de muestra (%)	21.0	19.8	19.8	20.9	19.9	19.3

Resistencia compresión inconfiada (ASTM D-1633)

No. ESPECÍME N	% cal	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSA L (cm^2)	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm^2)	EDAD DE FALLA (días) capilaridad
----------------	-------	---------------	-------------	-------------------------------------	-----	-------------------	-----------------------	---------------------------------------	----------------------------------

1	0.8	102	117	81.3	1.15	3.3	406	4	1
2	0.8	102	117	81.2	1.15	3.5	431	4	1
3	1.8	102	117	81.2	1.15	9.4	1158	12	1
4	1.8	102	117	81.2	1.16	9.1	1121	11	1
5	2.8	102	117	81.2	1.15	15.6	1922	20	1
6	2.8	102	117	81.1	1.15	19.5	2404	25	1

PROMEDIO	1240	13
DES. EST	729	7.44



Anexo 3. Datos de conteos vehiculares

Fotografías de sitios de conteos vehiculares

Conteo 1. Camino San Isidro



Conteo 2. Camino Santa Teresa



Conteo 3. Camino Santa Teresa



Conteo 3. Camino Delicias



Conteo 3. Camino Montezuma





LanammeUCR

Unidad de Gestion Municipal- LanammeUCR

Unidad de
gestión municipal

Descripción: Conteo 1
 Proyecto: Camino San Isidro C6-01-037
 Fecha: 01/11/2016-02/11/2016
 Canton: Puntarenas
 Distrito: Cóbano

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	9°	38'	55.5"
W	85°	8'	12.7"

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Total
	Motocicletas	Livianos, pick up	Carga liviana y otros 2 ejes	Buses	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión 4 ejes	Articulado 3-4 ejes	Articulado 5 ejes	
					C2+, C2	C3	C4	T2-S1, T2-S2, T3-S1	T3-S2	
12:00:00 a.m.	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5
01:00:00 a.m.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
02:00:00 a.m.	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
03:00:00 a.m.	1	5	2	0	1	1	0	0	0	10
04:00:00 a.m.	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
05:00:00 a.m.	24	2	0	0	0	0	0	0	0	26
06:00:00 a.m.	103	36	3	1	4	0	0	0	0	147
07:00:00 a.m.	56	58	6	0	3	0	0	0	1	124
08:00:00 a.m.	28	60	4	0	2	3	0	0	0	97
09:00:00 a.m.	24	76	9	1	3	0	0	1	0	114
10:00:00 a.m.	42	63	6	0	6	0	0	2	0	119
11:00:00 a.m.	29	71	5	0	3	0	0	1	0	109
12:00:00 p.m.	48	60	6	1	4	0	0	0	2	121
01:00:00 p.m.	41	62	8	0	1	1	1	4	0	118
02:00:00 p.m.	62	65	9	0	2	2	0	0	0	140
03:00:00 p.m.	58	70	6	0	2	0	0	1	0	137
04:00:00 p.m.	54	83	8	1	2	0	0	2	0	150
05:00:00 p.m.	106	77	7	0	2	0	0	1	1	194
06:00:00 p.m.	39	34	4	0	4	1	0	0	0	82
07:00:00 p.m.	20	29	0	0	0	0	0	0	0	49
08:00:00 p.m.	13	14	1	0	2	0	0	0	0	30
09:00:00 p.m.	7	8	0	0	1	0	0	0	0	16
10:00:00 p.m.	16	12	0	0	0	0	0	0	0	28
11:00:00 p.m.	4	5	0	0	0	0	0	0	0	9
Total	779	899	84	4	43	8	1	12	4	1834
Porcentaje	42.5%	49.0%	4.6%	0.2%	2.3%	0.4%	0.1%	0.7%	0.2%	100%



LanammeUCR

Unidad de Gestion Municipal- LanammeUCR



Descripción: Conteo 2
 Proyecto: Camino Santa Teresa C6-01-001-Malpaís
 Fecha: 01/11/2016-02/11/2016
 Cantón: Puntarenas
 Distrito: Cóbano

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	9°	37'	23.7"
W	85°	8'	47.3"

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Total
	Motocicletas	Livianos, pick up	Carga liviana y otros 2 ejes	Buses	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión 4 ejes	Articulado 3-4 ejes	Articulado 5 ejes	
					C2+, C2	C3	C4	T2-S1, T2-S2, T3-S1	T3-S2	
12:00:00 a.m.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
01:00:00 a.m.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
02:00:00 a.m.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
03:00:00 a.m.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
04:00:00 a.m.	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
05:00:00 a.m.	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6
06:00:00 a.m.	43	17	1	0	3	0	0	0	0	64
07:00:00 a.m.	57	33	4	0	1	0	0	0	0	95
08:00:00 a.m.	54	57	5	0	1	0	0	1	0	118
09:00:00 a.m.	41	40	1	0	2	0	0	0	0	84
10:00:00 a.m.	50	44	3	1	0	0	0	0	0	98
11:00:00 a.m.	28	50	3	1	1	0	0	0	0	83
12:00:00 p.m.	56	55	1	0	0	0	0	0	0	112
01:00:00 p.m.	56	60	3	0	1	0	0	0	0	120
02:00:00 p.m.	66	59	6	0	1	0	0	0	0	132
03:00:00 p.m.	47	48	5	0	1	0	0	0	0	101
04:00:00 p.m.	45	54	2	0	1	0	0	0	0	102
05:00:00 p.m.	44	54	0	0	0	1	1	0	0	100
06:00:00 p.m.	34	35	1	0	2	1	0	1	0	74
07:00:00 p.m.	23	21	0	0	0	0	0	0	0	44
08:00:00 p.m.	19	19	0	0	0	0	0	0	0	38
09:00:00 p.m.	19	17	0	0	0	0	0	0	0	36
10:00:00 p.m.	4	9	0	0	9	0	0	0	0	13
11:00:00 p.m.	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
Total	696	684	35	2	14	2	1	2	0	1436
Porcentaje	48.5%	47.6%	2.4%	0.1%	1.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	100%



LanammeUCR

Unidad de Gestion Municipal- LanammeUCR

Unidad de
gestión municipal

Descipcion: Conteo 3

Proyecto: Camino Santa Teresa C6-01-001

Fecha Conteo: 31-10-2016 / 02-11-2016

Canton: Puntarenas

Distrito: Cóbano

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	9°	38'	40.2"
W	85°	10'	4.4"

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+, C2	Camion C3,C4,BUS	Camion T3-S2 y Mayores	
11/01/16	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0
02:00	1	2	1	0	1	5
03:00	0	2	0	0	0	2
04:00	0	2	0	0	0	2
05:00	10	8	0	0	0	18
06:00	54	48	8	0	0	110
07:00	50	73	8	1	1	133
08:00	31	66	7	1	1	106
09:00	28	84	11	3	0	126
10:00	23	72	16	1	0	112
11:00	26	75	7	1	1	110
12 p.m.	38	86	2	1	3	130
13:00	27	73	7	2	0	109
14:00	39	81	8	2	0	130
15:00	19	82	11	2	1	115
16:00	22	68	13	2	2	107
17:00	39	67	7	2	1	116
18:00	22	62	5	2	0	91
19:00	16	44	3	0	0	63
20:00	15	34	0	2	1	52
21:00	6	31	1	0	1	39
22:00	11	18	1	1	0	31
23:00	1	3	0	0	1	5
Total	478	1081	116	23	14	1712
Porcentaje	27.9%	63.1%	6.8%	1.3%	0.8%	100.0%



Unidad de Gestion Municipal- LanammeUCR



Descipcion: Conteo 4

Proyecto: Camino Delicias C6-01-038

Fecha Conteo: 31-10-2016 / 02-11-2016

Canton: Puntarenas

Distrito: Cóbano

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	9°	39'	2.6"
W	85°	5'	39.8"

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+, C2	Camion C3,C4,BUS	Camion T3-S2 y Mayores	
11/01/16	3	4	0	0	0	7
01:00	0	1	0	0	0	1
02:00	1	1	0	0	0	2
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	0	5	1	0	0	6
05:00	1	4	1	0	0	6
06:00	10	28	7	0	0	45
07:00	16	28	12	0	0	56
08:00	13	29	6	0	0	48
09:00	3	13	5	0	0	21
10:00	17	27	6	0	0	50
11:00	6	22	12	0	0	40
12 p.m.	7	38	6	0	0	51
13:00	6	34	5	0	0	45
14:00	8	28	4	0	0	40
15:00	9	33	2	0	0	44
16:00	10	44	6	0	0	60
17:00	19	31	3	0	0	53
18:00	4	24	2	0	0	30
19:00	3	15	0	0	0	18
20:00	7	17	3	0	0	27
21:00	0	10	0	0	0	10
22:00	1	9	0	0	0	10
23:00	0	4	0	0	0	4
Total	144	449	81	0	0	674
Porcentaje	21.4%	66.6%	12.0%	0.0%	0.0%	100.0%



Unidad de Gestion Municipal- LanammeUCR



Descipcion: Conteo 5

Proyecto: Camino Montezuma C6-01-128

Fecha Conteo: 31-10-2016 / 02-11-2016

Canton: Puntarenas

Distrito: Cóbano

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	9°	38'	58.4"
W	85°	4'	28.1"

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+, C2	Camion C3,C4,BUS	Camion T3-S2 y Mayores	
11/01/16	0	0	0	0	0	0
01:00	0	1	0	0	0	1
02:00	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	0	1	0	0	0	1
05:00	0	0	0	0	0	0
06:00	0	3	0	0	0	3
07:00	3	6	0	0	0	9
08:00	5	11	0	0	0	16
09:00	8	8	0	0	0	16
10:00	11	5	2	0	0	18
11:00	9	27	0	0	0	36
12 p.m.	7	13	1	0	0	21
13:00	9	14	1	0	0	24
14:00	7	14	0	0	0	21
15:00	9	13	0	0	0	22
16:00	9	17	1	0	0	27
17:00	4	8	0	0	0	12
18:00	9	16	1	0	0	26
19:00	1	8	0	0	0	9
20:00	2	9	0	0	0	11
21:00	2	1	0	0	0	3
22:00	1	0	0	0	0	1
23:00	1	1	0	0	0	2
Total	97	176	6	0	0	279
Porcentaje	34.8%	63.1%	2.2%	0.0%	0.0%	100.0%



Anexo 4. Datos de sondeos a cielo abierto

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	0.5	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	13-14	0	35		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-128			5	90		
DE:	DELICIAS			5	145		
A:	MONTEZUMA			5	245		
3. SONDEOS				5	340		
SONDEO No	S 1			5	390		
ESTACIONAMIENTO	-			5	416		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	451		
N	9	38	59.5	5	480		
W	85	4	25.3	5	498		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	520		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	537		
No. 1	CGR	10-15		5	553		
No. 2	SR	-		5	573		
No. 3		-		5	590		
No. 4		-		5	607		
No. 5		-		5	620		
No. 6		-		5	633		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	645		
No. 1	Capa granular de rodadura sombinada con suelo arcilloso			5	661		
No. 2	Se observa afloración de manto rocoso a poca profundidad			5	675		
No. 3				5	696		
No. 4				5	716		
No. 5				5	741		
No. 6				5	762		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	791		
1		11		5	805		
2		12		5	816		
3		13		5	824		
4		14		5	836		
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	31/10/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S1				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-128	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	DELICIAS	N	9	38	60
A:	MONTEZUMA	W	85	4	25

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3

FOTO 2



FOTO 4

FOTO 3



FOTO 5

FECHA

31/10/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	2.5km	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-5,5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	13-14	0	35		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-038			5	182		
DE:	Escuela Delicias			3	270		
A:	Plaza Futbol-Delicias			3	327		
3. SONDEOS				2	355		
SONDEO No	S 2			1	370		
ESTACIONAMIENTO	-			1	385		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	408		
N	9	39	03.6	1	430		
W	85	5	39.1	1	455		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	477		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	506		
No. 1	Capa de rodadura	20-25		1	526		
No. 2	Suelo	-		1	545		
No. 3	-	-		1	560		
No. 4	-	-		1	575		
No. 5	-	-		1	592		
No. 6	-	-		1	609		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	626		
No. 1	Suelo arcilloso color rojizo con muy poco material granular			1	648		
No. 2	Suelo arcilloso color rojizo			1	672		
No. 3	-			1	699		
No. 4	-			1	730		
No. 5	-			1	756		
No. 6	-			1	780		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	816		
1		11		1	853		
2		12					
3		13					
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Se toma muestra 2 bolsas rasante existente							
FECHA	31/10/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 2				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-038	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	Escuela Delicias	N	9	39	03.6
A:	Plaza Futbol-Delicias	W	85	5	39

FOTOS

FOTO 1

FOTO 3



FOTO 2

FOTO 4



FOTO 3

FOTO 5



FECHA

31/10/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	11	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	41	3	619
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001			5	97	3	647
DE:	MALPAÍS			5	115	3	677
A:	PLAYA HERMOSA			5	136	2	696
3. SONDEOS				5	161	2	718
SONDEO No	S 3			5	187	1	727
ESTACIONAMIENTO	TRAMO 1 LADO DERECHO (0+500)			5	212	1	736
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	233	1	746
N	9	36	18.8	5	256	1	754
W	85	8	28.3	5	280	1	762
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	304	1	771
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	320	1	780
No. 1	CGR	20-25		5	331	1	791
No. 2	SR	-		5	340	1	802
No. 3		-		5	349	1	817
No. 4		-		5	359	1	832
No. 5		-		5	367	1	853
No. 6		-		5	372	1	874
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	379	1	895
No. 1	Capa granular de rodadura contaminada con suelo, condiciones muy humedad, huecos y deformaciones			5	387	1	916
No. 2	-			5	394		
No. 3				5	401		
No. 4				5	409		
No. 5				5	417		
No. 6				5	425		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	434		
1		11		5	442		
2		12		5	451		
3		13		5	471		
4		14		5	495		
5		15		5	510		
6		16		5	526		
7		17		3	539		
8		18		3	553		
9		19		3	570		
10		20		3	593		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Condiciones muy humedas, cunetas llenas de agua / No se toma muestra							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 3				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	MALPAÍS	N	9	36	19
A:	PLAYA HERMOSA	W	85	8	28

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4

FOTO 3



FOTO 5

FECHA

31/10/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	11	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	50	2	904
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001			5	96	1	912
DE:	MALPAÍS			5	154		
A:	PLAYA HERMOSA			5	218		
3. SONDEOS				3	245		
SONDEO No	S 4			3	264		
ESTACIONAMIENTO	TRAMO 2 LADO IZQUIERDO (1+400)			3	282		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	304		
N	9	36	48.6	3	324		
W	85	8	35.9	3	352		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				3	380		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		3	411		
No. 1	CGR	0-20		3	439		
No. 2	RE	20-80		3	470		
No. 3	SR	-		3	491		
No. 4				3	514		
No. 5				3	542		
No. 6				3	569		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			3	597		
No. 1				3	621		
No. 2				3	634		
No. 3				3	651		
No. 4				3	677		
No. 5				3	699		
No. 6				3	721		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				2	737		
1		11		2	751		
2		12		2	765		
3		13		2	781		
4		14		2	796		
5		15		2	809		
6		16		2	824		
7		17		2	844		
8		18		2	864		
9		19		2	880		
10		20		2	892		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Lado Izquierdo, condicion humeda, zona cunetas acumulacion de agua respecto al S 3. Se toman 2 bolsas (muestra rasante)							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 4				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	MALPAÍS	N	9	36	49
A:	PLAYA HERMOSA	W	85	8	28

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3



FOTO 5



FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	11	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	44		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001			5	65		
DE:	MALPAÍS			5	79		
A:	PLAYA HERMOSA			5	89		
3. SONDEOS				5	100		
SONDEO No	S 5			10	124		
ESTACIONAMIENTO	TRAMO 3 LD (3+900)			10	156		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	174		
N	9	37	55.4	5	197		
W	85	9	17.4	5	235		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	271		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	306		
No. 1	SA	0-10		5	350		
No. 2	BG	10-25		3	397		
No. 3	SR	-		3	437		
No. 4	-	-		3	469		
No. 5	-	-		2	487		
No. 6	-	-		2	503		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			2	519		
No. 1	Sello asfáltico, material granular y emulsión asfáltica			2	535		
No. 2	Capa de base, material granular combinado con suelo			2	557		
No. 3	Suelo subrasante			2	586		
No. 4	-			2	621		
No. 5	-			1	646		
No. 6	-			1	675		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	707		
1		11		1	744		
2		12		1	786		
3		13		1	832		
4		14		1	874		
5		15		1	907		
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Sondeo en tramo estabilizado con emulsion, cerca de puente aprox 50 m. Se toma muestra material granular existente 1 saco							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 5				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	MALPAÍS	N	9	37	55
A:	PLAYA HERMOSA	W	85	9	17

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3

FOTO 5



FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	11	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	52		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001			5	110		
DE:	MALPAÍS			5	151		
A:	PLAYA HERMOSA			5	186		
3. SONDEOS				5	220		
SONDEO No	5 6			10	258		
ESTACIONAMIENTO	TRAMO 3 LD (6+500)			10	294		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	337		
N	9	38	54.8	5	386		
W	85	10	20.0	5	423		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	467		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	506		
No. 1	CGR CON MELAZA	25.0		5	530		
No. 2	RE1	25.0		3	544		
No. 3	RE2	25.0		3	559		
No. 4	SR	-		3	576		
No. 5				2	595		
No. 6				2	637		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			2	680		
No. 1	Capa granular de rodadura con melaza para control de polvo			2	705		
No. 2	Relleno de capa granular combinada con suelo			2	734		
No. 3	Relleno de capa granular combinada con suelo			2	763		
No. 4	Suelo arenoso subrasante			2	793		
No. 5				1	821		
No. 6				1	851		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	883		
1		11					
2		12					
3		13					
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Zona capa granular de rodadura con riego de melaza, zona húmeda con cunetas, se toma una muestra (1 saco) rasante existente.							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 6				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	MALPAÍS	N	9	38	55
A:	PLAYA HERMOSA	W	85	10	20

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3



FOTO 5



FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	11	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	4.3	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	7.5	0	45		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001			5	89		
DE:	MALPAÍS			5	122		
A:	PLAYA HERMOSA			5	146		
3. SONDEOS				5	168		
SONDEO No	S 7			5	189		
ESTACIONAMIENTO	TRAMO 4 LI (9+900)			5	221		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	246		
N	9	40	12.4	6	272		
W	85	11	26.4	5	292		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	311		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	330		
No. 1	CGR	0-10		5	348		
No. 2	RE	10-40		5	372		
No. 3	SR	>40		5	397		
No. 4	-	-		5	432		
No. 5	-	-		5	460		
No. 6	-	-		3	491		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			3	529		
No. 1	Capra de material granular combinado con suelo			3	562		
No. 2	Material granular tipo "cascajo" color rojizo			3	600		
No. 3	Relleno de material granular combinado con suelo arenoso			3	636		
No. 4	-			3	679		
No. 5	-			2	709		
No. 6	-			2	743		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				2	789		
1		11		2	815		
2		12		2	851		
3		13		1	871		
4		14		1	890		
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Zona angosta sin cunetas, material contaminado con suelo, condicion muy humeda. 1 saco material de muestra.							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 7				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-001	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	MALPAÍS	N	9	40	12
A:	PLAYA HERMOSA	W	85	11	26

FOTOS

FOTO 1

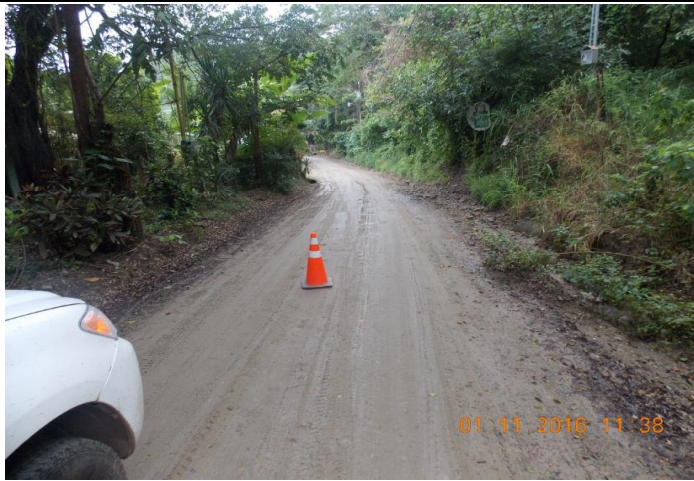


FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3



FOTO 5



FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	3.5	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	43		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037			5	114		
DE:	COBANO			5	231		
A:	SAN-ISIDRIO			1	274		
3. SONDEOS				1	306		
SONDEO No	S 8-A			1	338		
ESTACIONAMIENTO	LADO DERECHO-EN SUPERFICIE			1	372		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	399		
N	9	38	37.9	1	424		
W	85	8	12.2	1	450		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	476		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	505		
No. 1	CGR	0-20		1	531		
No. 2	SR1	20-60		1	554		
No. 3	SR2	-		1	573		
No. 4	-	-		1	593		
No. 5	-	-		1	610		
No. 6	-	-		1	627		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	644		
No. 1	Capa de material granular combinado con suelo arcilloso			1	665		
No. 2	Suelo arcilloso plástico , color café claro con con vetas blancas			1	688		
No. 3	Suelo arcilloso plástico , color café claro con con vetas blancas			1	717		
No. 4	-			1	749		
No. 5	-			1	774		
No. 6	-			1	796		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	821		
1		11		1	844		
2		12		1	868		
3		13		1	890		
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Zona Descenso (pendiente), problema de aguas subterranas, zona destruida. Muestra 2 bolsas subrasante existente							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 8-A				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	COBANO	N	9	38	38
A:	SAN-ISIDRIO	W	85	8	12

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3



FOTO 5



FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	3.5	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	41		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037			2	141		
DE:	COBANO			1	186		
A:	SAN-ISIDRIO			1	221		
3. SONDEOS				1	261		
SONDEO No	S 9			1	309		
ESTACIONAMIENTO	LADO DERECHO			1	362		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	399		
N	9	39	01.9	5	404		
W	85	8	09.0	5	425		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	442		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	459		
No. 1	TSB	2.5		5	479		
No. 2	BE	0-20		5	492		
No. 3	SR	-		5	508		
No. 4	-	-		5	520		
No. 5	-	-		5	536		
No. 6	-	-		5	556		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	586		
No. 1	Tratamiento superficial bituminoso			5	611		
No. 2	Base estabilizada con cemento (mal estado)			5	626		
No. 3	Suelo subrasante, arcilloso color café rojizo			5	636		
No. 4	-			5	651		
No. 5	-			5	662		
No. 6	-			5	674		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	691		
1		11		5	705		
2		12		5	725		
3		13		5	746		
4		14		5	768		
5		15		5	793		
6		16		5	823		
7		17		5	856		
8		18		5	884		
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Zona desplazamientos laterales del TSB y BE, posible problema de manejo de aguas pluviales en curva- Se observa falta de paso de alcantarilla.							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 9				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	COBANO	N	9	39	01.9
A:	SAN-ISIDRIO	W	85	8	09.0

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3

FOTO 2



FOTO 4

FOTO 3



FOTO 5

FECHA

01/11/2016

APUNTADOR

AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Puntarenas	LONGITUD (Km):	3.5	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Puntarenas	ANCHO PROM SR (m):	5-6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Cobano	ANCHO PROM DV (m):	14	0	57		
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037			1	119		
DE:	COBANO			5	176		
A:	SAN-ISIDRIO			5	222		
3. SONDEOS				5	263		
SONDEO No	S 10			5	309		
ESTACIONAMIENTO	-			5	365		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	428		
N	9	38	39.1	5	452		
W	85	8	12.7	5	482		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				3	527		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		3	587		
No. 1	TSB	-		3	654		
No. 2	BE	20.0		2	697		
No. 3	SR	-		2	742		
No. 4	-	-		2	784		
No. 5	-	-		2	826		
No. 6	-	-		2	866		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	886		
No. 1	Tratamiento Superficial Bituminoso						
No. 2	Base estabilizada con cemento en mala condición, combinada con suelo						
No. 3	Suelo arcilloso color café rojizo						
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1		11					
2		12					
3		13					
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	01/11/2016			APUNTADOR	AUC		

UBICACIÓN

PROVINCIA	Puntarenas	CANTON	Puntarenas	DISTRITO	Cobano
SONDEO No	S 10				
CODIGO DEL CAMINO	C6-01-037	COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
DE:	COBANO	N	9	38	39.1
A:	SAN-ISIDRIO	W	85	8	13

FOTOS

FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 3



FOTO 5



FECHA

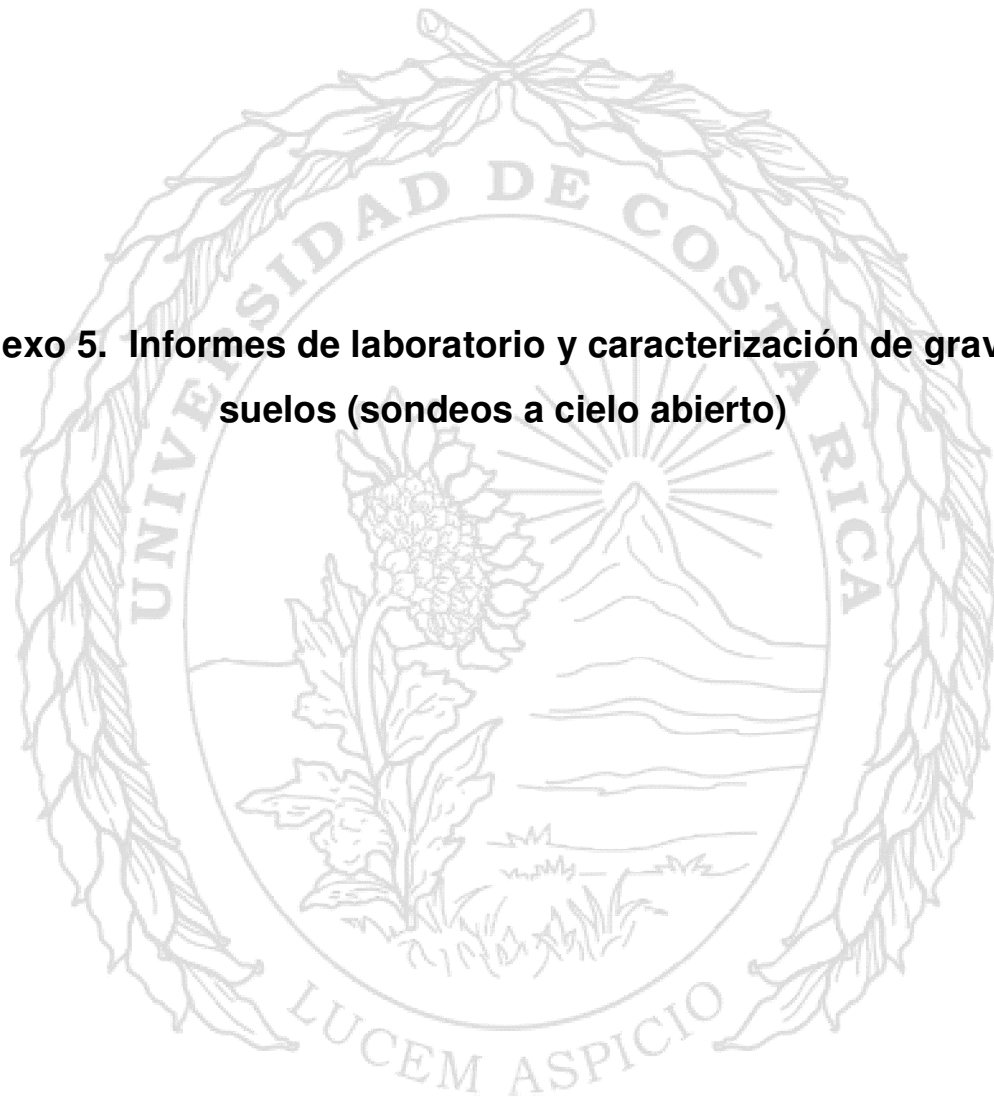
01/11/2016

APUNTADOR

AUC



**Anexo 5. Informes de laboratorio y caracterización de grava y
suelos (sondeos a cielo abierto)**



No. de informe: I-1589-16

Informe de Ensayo

RC-80 v.06 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-1500-16

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal (Ing. Alonso Ulate).
Proyecto: Municipalidad de Cóbano.
Domicilio: 400 metros norte de Muñoz y Nanne, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

IT-GC-01 (ASTM D 422) (**)
Método de ensayo para el análisis de tamaño de partículas de suelo (vía seca y húmeda).
IT-GC-02 (ASTM D 2216) (*).
Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.
IT-GC-04 (ASTM D 854) (*).
Procedimiento para determinar la gravedad específica del suelo mediante un picnómetro con agua.
IT-GC-05 (ASTM D 4318) (*).
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.
(**) Ensayo no acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr.

3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
2618-16	2 Bolsas con material rasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S1 Montezuma, material combinado de suelo limo-arcilloso, con arena y roca degradable, con partículas de hasta 38,1 mm de diámetro.
2619-16	2 Bolsas con material rasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S2 las Delicias, suelo amarillento "alterado" tipo limoso, con bloques de suelo arcilloso rojizo y alto contenido de roca degradable blanqueza de hasta 38,1 mm de diámetro.

No. de informe: I-1589-16

- 2620-16 2 Bolsas con material rasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S4 tramo 2 M.P.-Santa Teresa, suelo limo-arcilloso arenoso, color gris verdusco oscuro, presenta aisladas partículas de roca semicompacta de hasta 38,1 mm de diámetro.
- 2621-16 1 Saco con material subrasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S5 tramo 3 M.P.-Santa Teresa, material mayormente rocoso, color gris claro, de partícula compacta, cúbicas y redondeadas, de hasta 50,8 mm de diámetro, con rastros de suelos limosos.
- 2622-16 1 Saco con material subrasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S6 tramo 3 M.P.-Santa Teresa, material combinado de material rocoso, gris claro, medianamente compacto, algo degradable, con tamaños de hasta 50,8 mm de diámetro, con suelo cohesivo, tipo MH, color verdusco.
- 2623-16 1 Saco con material subrasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S7 tramo 4 M.P.-Santa Teresa, material combinado de material rocoso, gris claro, medianamente compacto, algo degradable, con tamaños de hasta 50,8 mm de diámetro, con suelo cohesivo, tipo MH, color verdusco.
- 2624-16 2 Bolsas de material subrasante, aproximadamente 20 kg. Identificadas por el cliente como: S 8 TSB San Isidro, suelo limo-arenoso arcilloso, color café grisáceo oscuro, presenta poco material rocoso.

Aportadas por: Ing. Alonso Ulate.

Fecha de recepción : 2016/11/09

Fecha de realización del ensayo: 2016/11/15-2016/12/09

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo: 2618-16 a 2619-16 2016/10/31

2620-16 a 2624-16 2016/11/01

Ubicación: Cóbano, Puntarenas.

Procedimiento de muestreo:

Muestreo de agregado realizado por la Unidad de Gestión Municipal de acuerdo a la norma ASTM

No. de informe: I-1589-16

D-75. Personal responsable de las muestras: Ing. Alonso Ulate.

Condiciones ambientales: No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

5. Resultados:

Tabla 1 . Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo, muestras indicadas.

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
2618-16	34	24	10
2619-16	57	34	23
2620-16	63	36	27
2621-16	35	22	13
2622-16	49	31	18
2623-16	48	30	18
2624-16	53	29	24

Nota:

- Las muestras fueron acondicionadas por el método de preparación seco.
- El límite líquido se determina según el método A (método multipunto) de la norma ASTM D-4318.

Tabla 2. Contenido de Humedad de los suelos y rocas, muestras indicadas.

MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
2618-16	17,8
2619-16	36,6
2620-16	36,3
2621-16	11,8
2622-16	21,0
2623-16	24,3
2624-16	25,4

Tabla 3. Gravedad específica del suelo, muestras indicadas.

MUESTRA	MÉTODO	G_T	G_S
2618-16	B	2,607	2,605
2619-16	B	2,592	2,590
2620-16	B	2,454	2,452
2621-16	B	2,609	2,607
2622-16	B	2,530	2,529
2623-16	B	2,550	2,548
2624-16	B	2,696	2,694

No. de informe: I-1589-16

Tabla 4. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2618-16.

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	76,9	2,94	2,94	97,1
3/4"	19,0	135	5,14	8,08	91,9
1/2"	12,5	167	6,38	14,5	85,5
3/8"	9,50	132	5,05	19,5	80,5
N° 4	4,75	293	11,2	30,7	69,3
N° 10	2,00	347	13,2	43,9	56,1
N° 20	0,85	243	9,30	53,2	46,8
N° 40	0,43	131	4,99	58,2	41,8
N°60	0,25	85,2	3,25	61,5	38,5
N°100	0,15	86,7	3,31	64,8	35,2
N°140	0,11	68,0	2,60	67,4	32,6
N°200	0,08	94,8	3,62	71,0	29,0

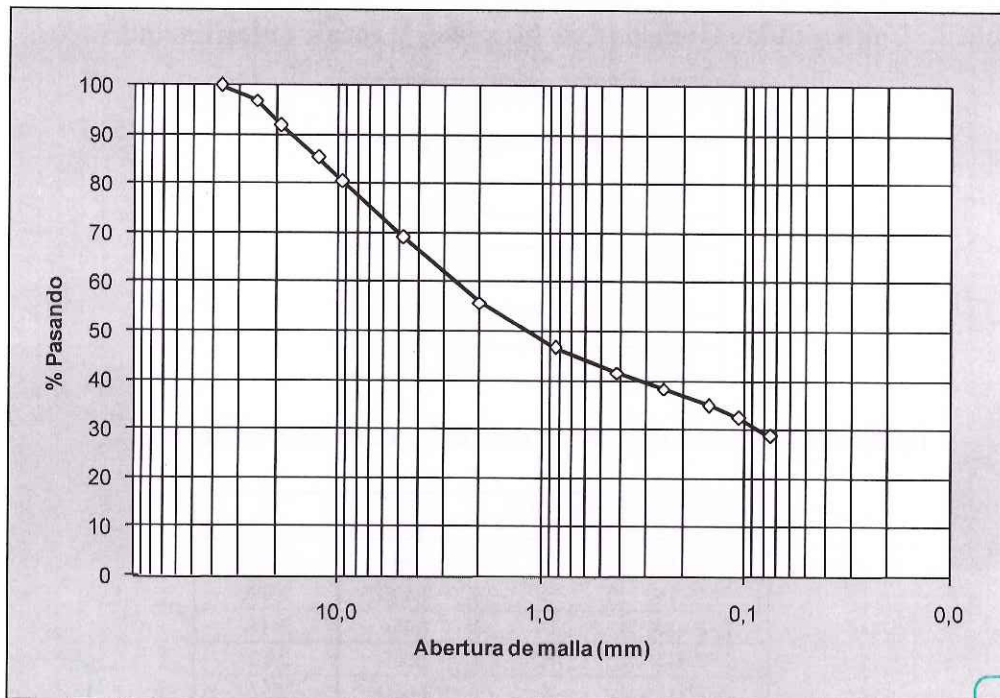


Gráfico 1. Curva granulométrica, muestra M-2618-16.

No. de informe: I-1589-16

Tabla 5. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2619-16.

MASA INICIAL: 1202 g MASA FINAL: 508 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
1"	25,0	0,00	0,00	0,00	100
3/4"	19,0	32,5	2,70	2,70	97,3
1/2"	12,5	47,4	3,94	6,65	93,4
3/8"	9,50	43,0	3,58	10,2	89,8
N° 4	4,75	75,3	6,26	16,5	83,5
N° 10	2,00	85,6	7,12	23,6	76,4
N° 20	0,85	67,3	5,60	29,2	70,8
N° 40	0,43	37,0	3,08	32,3	67,7
N°60	0,25	26,0	2,16	34,4	65,6
N°100	0,15	31,6	2,63	37,1	62,9
N°140	0,11	25,6	2,13	39,2	60,8
N°200	0,08	36,7	3,05	42,3	57,7

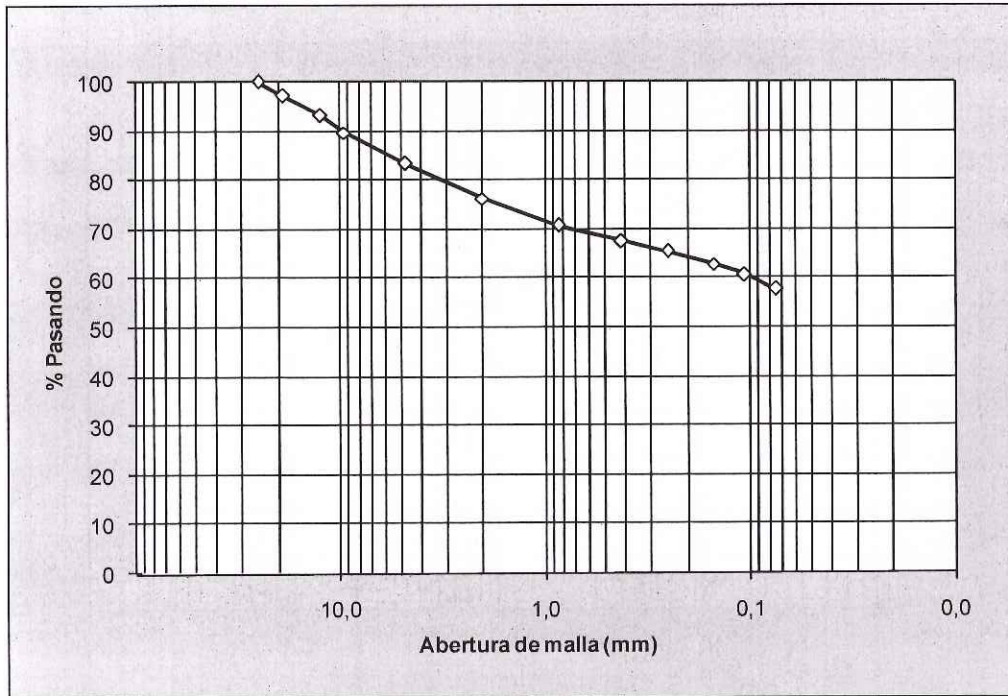


Gráfico 2. Curva granulométrica, muestra M-2619-16.

No. de informe: I-1589-16

Tabla 6. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2620-16.

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	21,7	1,09	1,09	98,9
3/4"	19,0	49,9	2,49	3,58	96,4
1/2"	12,5	109	5,42	9,00	91,0
3/8"	9,50	95,5	4,77	13,8	86,2
N° 4	4,75	199	9,93	23,7	76,3
N° 10	2,00	171	8,54	32,2	67,8
N° 20	0,85	98,3	4,91	37,1	62,9
N° 40	0,43	50,3	2,51	39,7	60,3
N°60	0,25	34,9	1,74	41,4	58,6
N°100	0,15	51,9	2,59	44,0	56,0
N°140	0,11	58,0	2,90	46,9	53,1
N°200	0,08	84,3	4,21	51,1	48,9

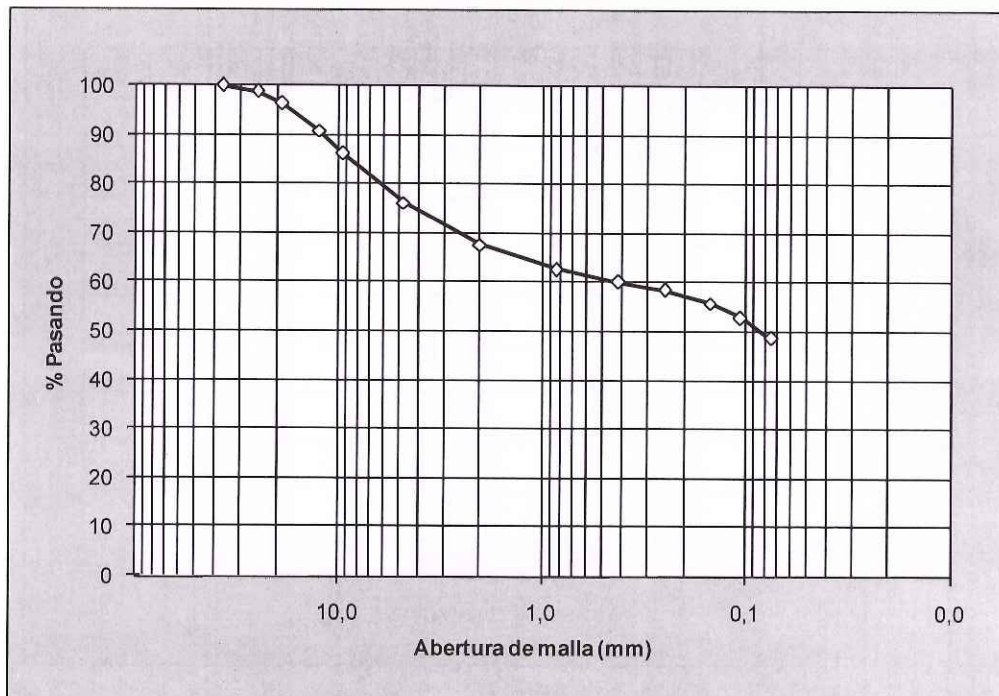


Gráfico 3. Curva granulométrica, muestra M-2620-16.

No. de informe: I-1589-16

Tabla 7. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2621-16.

MASA INICIAL: 9580 g MASA FINAL: 7810 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100
1 1/2"	37,5	265,5	2,77	2,77	97,2
1"	25,0	232,9	2,43	5,20	94,8
3/4"	19,0	544,4	5,68	10,9	89,1
1/2"	12,5	1045	10,9	21,8	78,2
3/8"	9,50	732	7,64	29,4	70,6
N° 4	4,75	1416	14,8	44,2	55,8
N° 10	2,00	1163	12,1	56,4	43,6
N° 20	0,85	799	8,34	64,7	35,3
N° 40	0,43	547	5,71	70,4	29,6
N°60	0,25	389	4,06	74,5	25,5
N°100	0,15	331	3,46	77,9	22,1
N°140	0,11	182	1,90	79,8	20,2
N°200	0,08	163	1,70	81,5	18,5

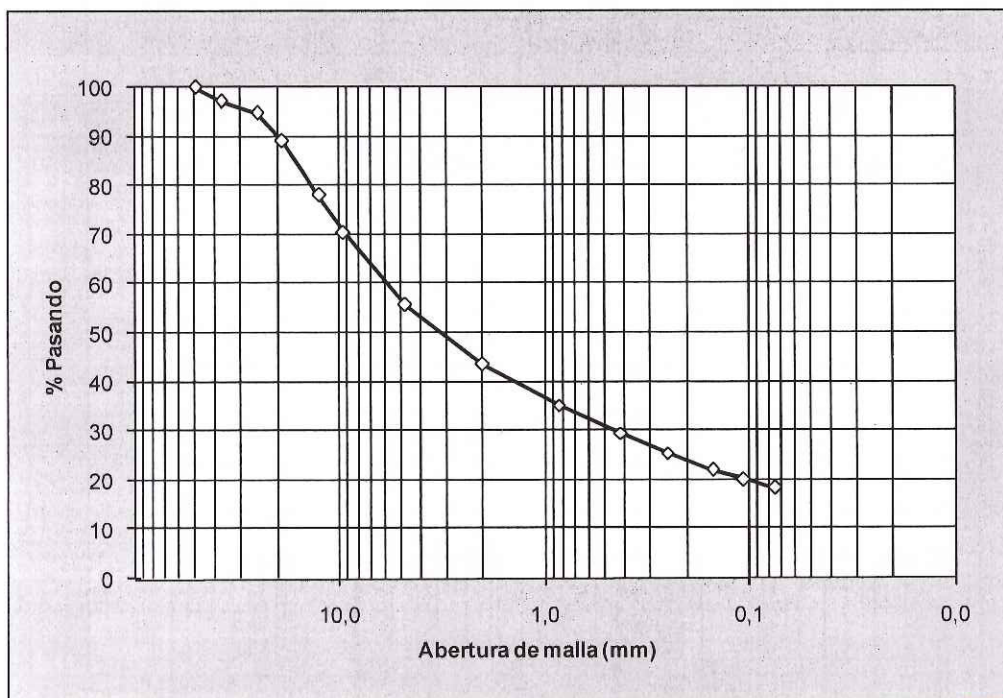


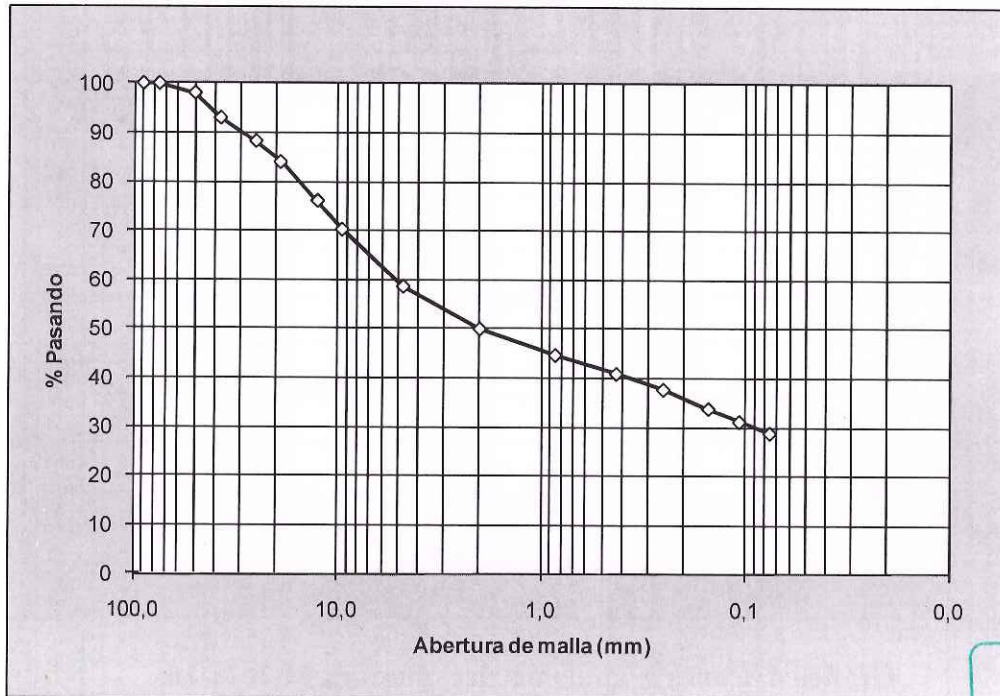
Gráfico 4. Curva granulométrica, muestra M-2621-16.

No. de informe: I-1589-16

Tabla 8. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2622-16.

MASA INICIAL: 10165 g MASA FINAL: 7233 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3 1/2"	90,0	0,0	0,00	0,00	100
3"	75,0	0,0	0,00	0,00	100,0
2"	50,0	198	1,94	1,94	98,1
1 1/2"	37,5	510	5,02	7,0	93,0
1"	25,0	486	4,78	11,7	88,3
3/4"	19,0	433	4,26	16,0	84,0
1/2"	12,5	802	7,89	23,9	76,1
3/8"	9,50	591	5,82	29,7	70,3
N° 4	4,75	1184	11,7	41,4	58,6
N° 10	2,00	875	8,61	50,0	50,0
N° 20	0,85	543	5,34	55,3	44,7
N° 40	0,43	381	3,75	59,1	40,9
N° 60	0,25	326	3,20	62,3	37,7
N° 100	0,15	397	3,91	66,2	33,8
N° 140	0,11	270	2,66	68,8	31,2
N° 200	0,08	236	2,32	71,2	28,8



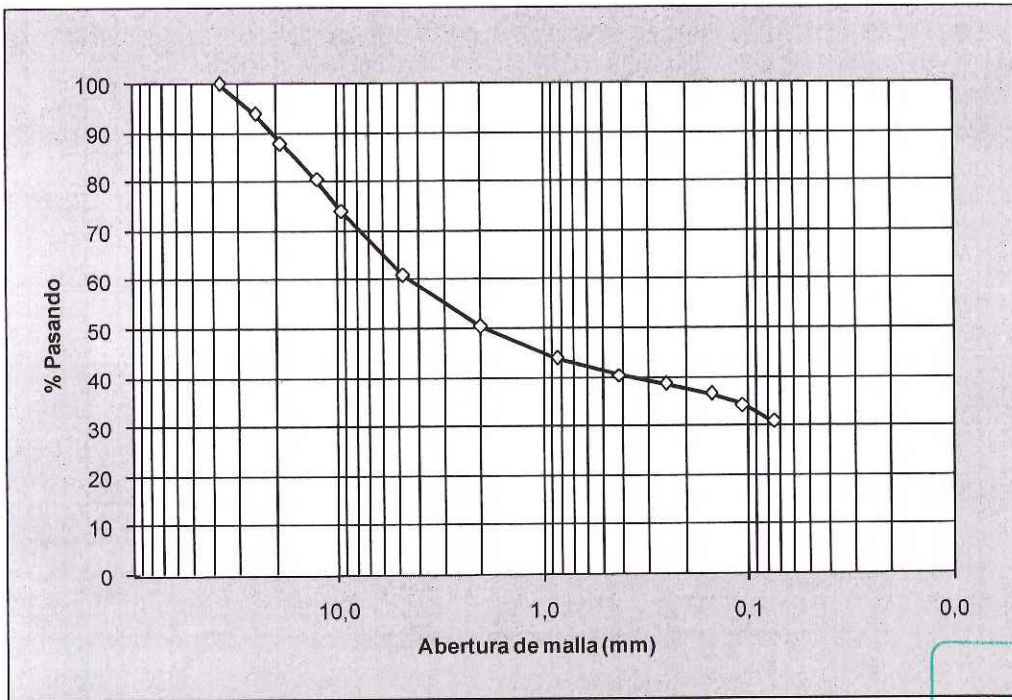
No. de informe: I-1589-16

Gráfico 5. Curva granulométrica, muestra M-2622-16.

Tabla 9. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2623-16.

MASA INICIAL: 8531 g MASA FINAL: 5884 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	507	5,95	5,95	94,1
3/4"	19,0	515	6,03	12,0	88,0
1/2"	12,5	642	7,53	19,5	80,5
3/8"	9,50	548	6,43	25,9	74,1
N° 4	4,75	1100	12,9	38,8	61,2
N° 10	2,00	910	10,7	49,5	50,5
N° 20	0,85	558	6,54	56,0	44,0
N° 40	0,43	285	3,34	59,4	40,6
N°60	0,25	159	1,86	61,2	38,8
N°100	0,15	183	2,14	63,4	36,6
N°140	0,11	191	2,23	65,6	34,4
N°200	0,08	287	3,36	69,0	31,0



No. de informe: I-1589-16

Gráfico 6. Curva granulométrica, muestra M-2623-16.

Tabla 10. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2624-16.

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/4"	19,0	0,00	0,00	0,00	100
1/2"	12,5	5,96	0,32	0,32	99,7
3/8"	9,50	7,26	0,39	0,70	99,3
N° 4	4,75	13,9	0,74	1,44	98,6
N° 10	2,00	12,0	0,64	2,07	97,9
N° 20	0,85	9,1	0,48	2,56	97,4
N° 40	0,43	11,1	0,59	3,15	96,9
N°60	0,25	30,1	1,60	4,75	95,3
N°100	0,15	61,9	3,28	8,03	92,0
N°140	0,11	42,1	2,24	10,3	89,7
N°200	0,08	53,6	2,84	13,1	86,9

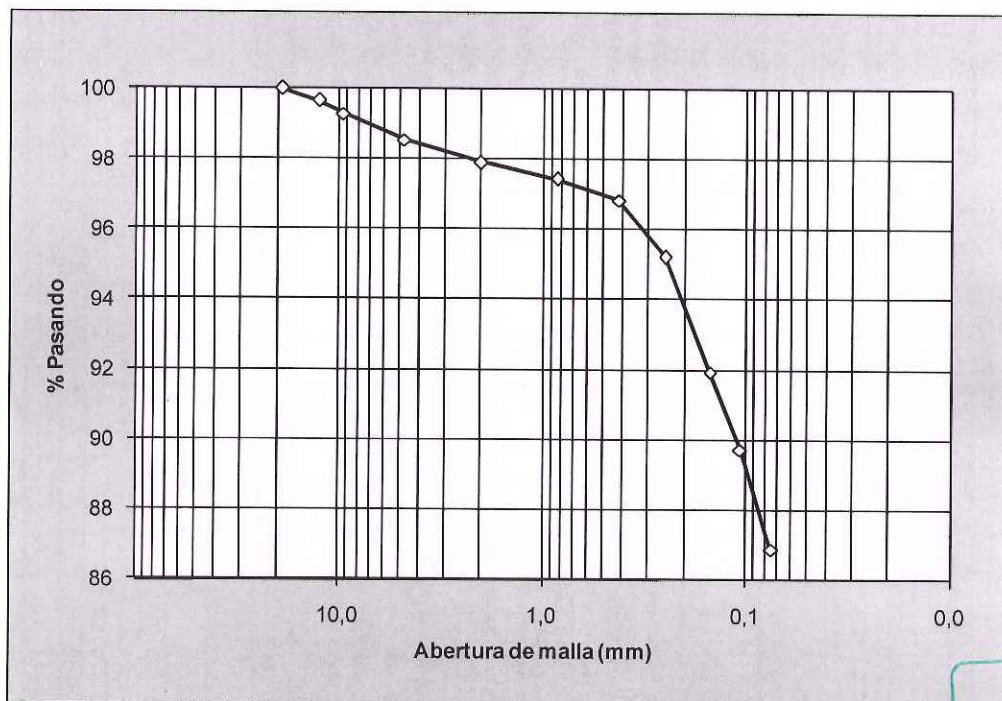
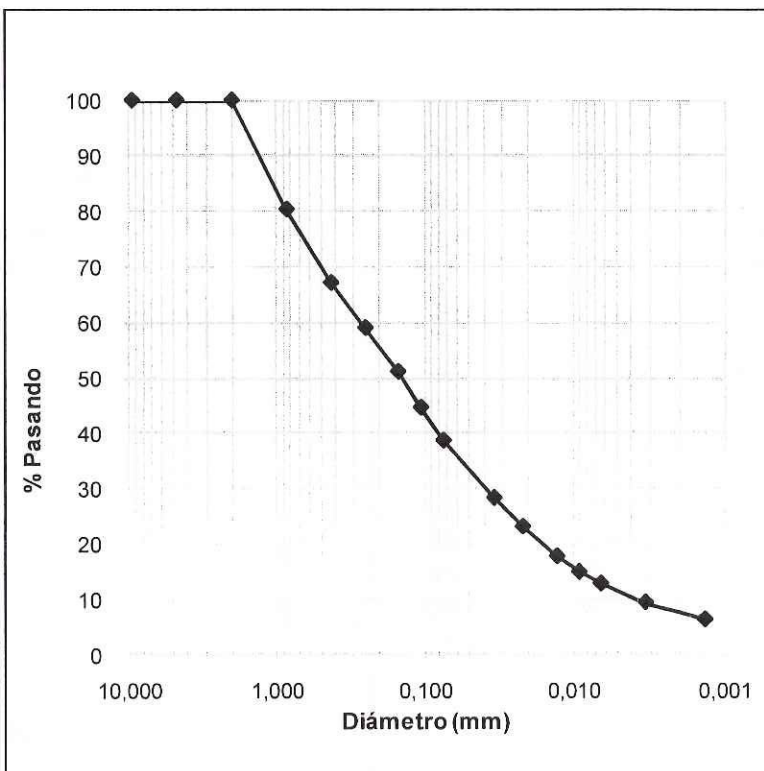


Gráfico 7. Curva granulométrica, muestra M-2624-16.

No. de informe: I-1589-16

Tabla 11. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2618-16.

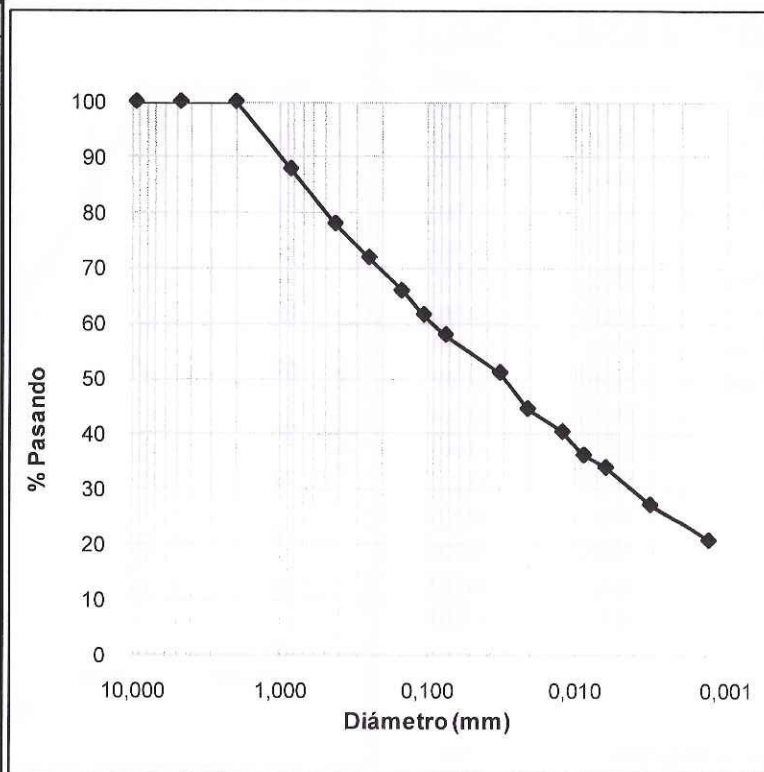
Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
N° 4	100	4,750
N° 10	100,0	2,000
N° 20	80,3	0,850
N° 40	67,1	0,425
N° 60	59,0	0,250
N° 100	51,1	0,150
N° 140	44,6	0,106
N° 200	38,6	0,075
	28,3	0,034
	23,1	0,022
	17,8	0,013
	14,9	0,009
	12,8	0,006
	9,4	0,003
	6,4	0,001
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-1589-16

Tabla 12. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2619-16.

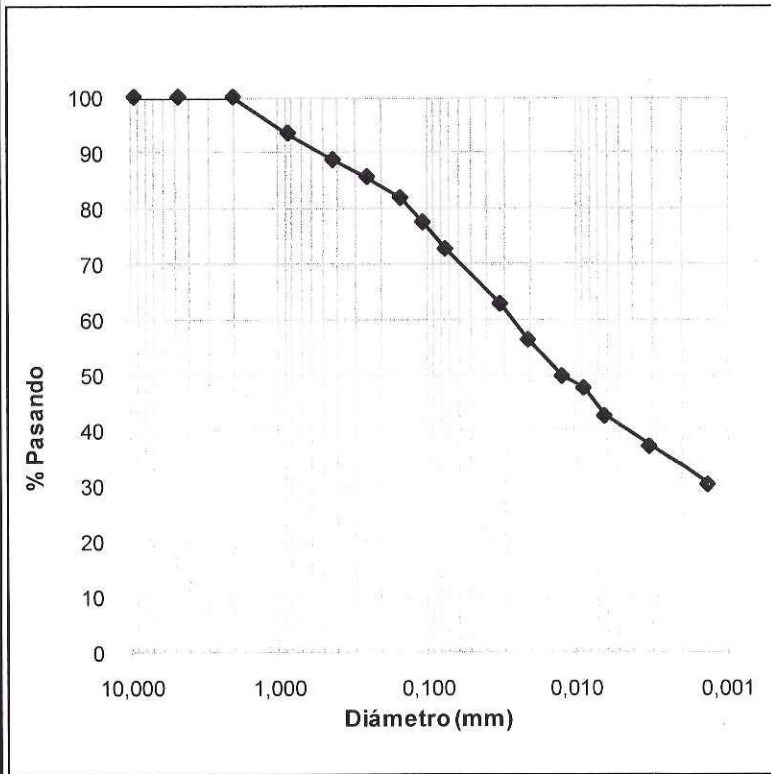
Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
Nº 4	100	4,750
Nº 10	100,0	2,000
Nº 20	87,9	0,850
Nº 40	78,0	0,425
Nº 60	71,9	0,250
Nº 100	65,9	0,150
Nº 140	61,6	0,106
Nº 200	58,0	0,075
	51,1	0,032
	44,5	0,021
	40,4	0,012
	36,2	0,009
	33,9	0,006
	27,2	0,003
	20,8	0,001
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-1589-16

Tabla 13. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2620-16.

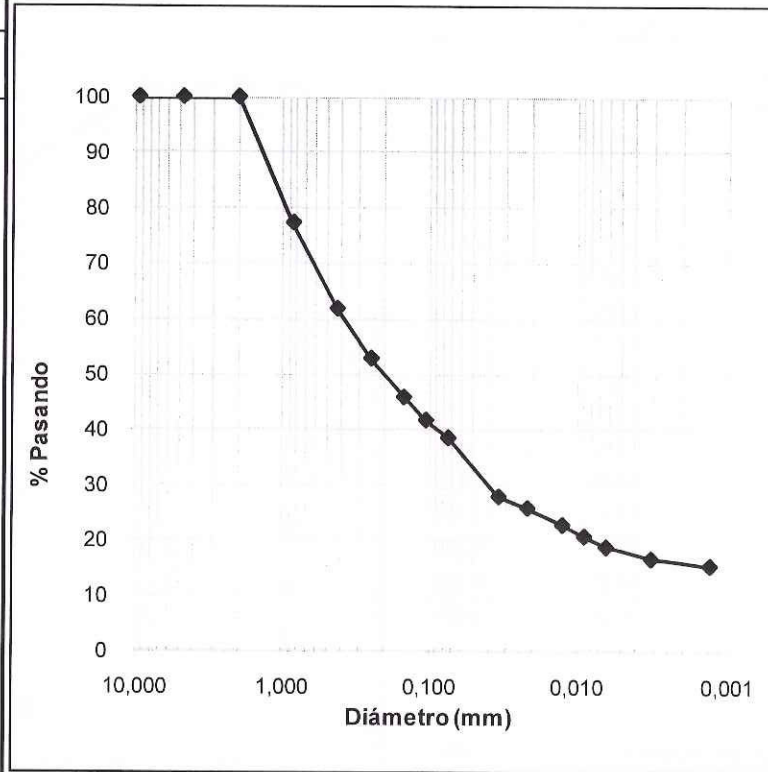
Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
N° 4	100	4,750
N° 10	100	2,000
N° 20	93,5	0,850
N° 40	88,7	0,425
N° 60	85,6	0,250
N° 100	81,9	0,150
N° 140	77,5	0,106
N° 200	72,8	0,075
	62,8	0,032
	56,4	0,021
	49,8	0,012
	47,7	0,009
	42,6	0,006
	37,2	0,003
	30,3	0,001
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-1589-16

Tabla 14. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2621-16.

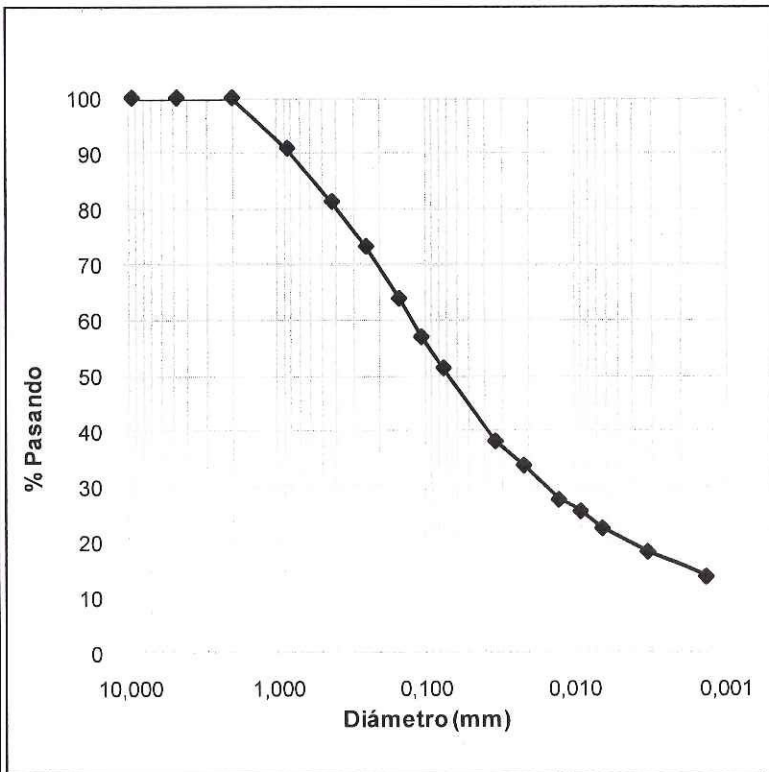
Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
N° 4	100	4,750
N° 10	100,0	2,000
N° 20	77,4	0,850
N° 40	61,8	0,425
N° 60	52,9	0,250
N° 100	45,9	0,150
N° 140	41,8	0,106
N° 200	38,6	0,075
	28,0	0,034
	26,0	0,022
	22,9	0,013
	20,8	0,009
	18,9	0,006
	16,8	0,003
	15,5	0,001
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-1589-16

Tabla 15. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2622-16.

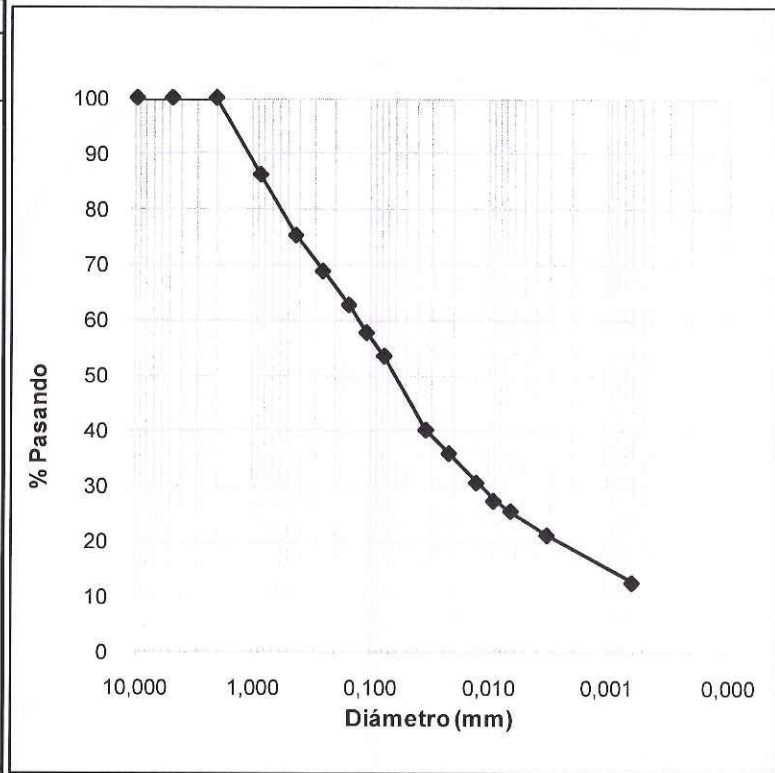
Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
N° 4	100	4,750
N° 10	100,0	2,000
N° 20	90,9	0,850
N° 40	81,3	0,425
N° 60	73,3	0,250
N° 100	63,9	0,150
N° 140	57,0	0,106
N° 200	51,4	0,075
	38,3	0,034
	33,9	0,022
	27,8	0,013
	25,7	0,009
	22,6	0,006
	18,3	0,003
	13,8	0,001
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-1589-16

Tabla 16. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2623-16.

Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
N° 4	100	4,750
N° 10	100,0	2,000
N° 20	86,2	0,850
N° 40	75,3	0,425
N° 60	68,8	0,250
N° 100	62,7	0,150
N° 140	57,7	0,106
N° 200	53,5	0,075
	40,2	0,033
	36,0	0,021
	30,7	0,013
	27,5	0,009
	25,6	0,006
	21,2	0,003
	12,7	0,001
Tiempo de dispersión:		16h

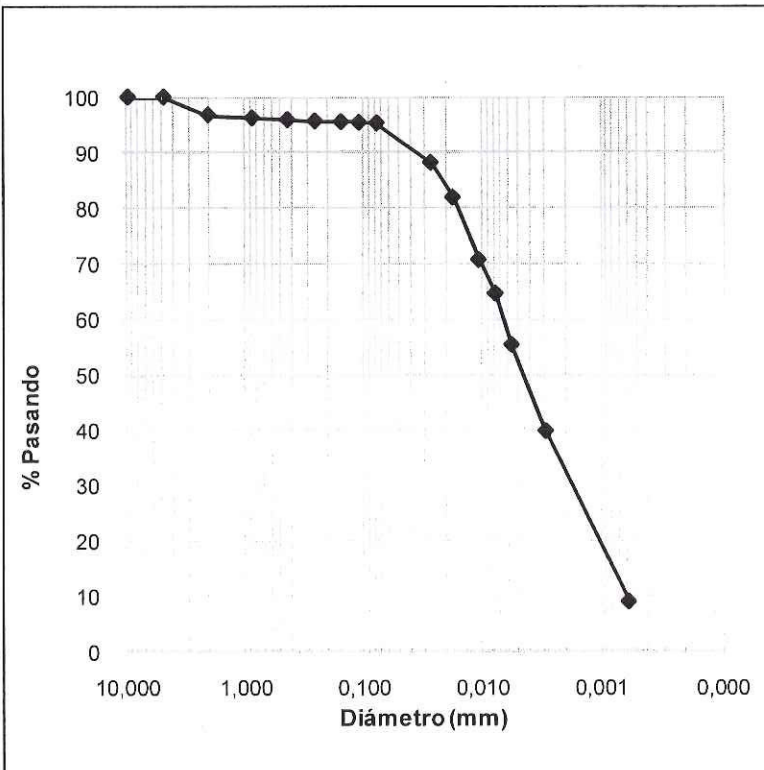


No. de informe: I-1589-16

Tabla 17. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2624-16.

Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,500
Nº 4	100	4,750
Nº 10	96,8	2,000
Nº 20	96,2	0,850
Nº 40	95,9	0,425
Nº 60	95,7	0,250
Nº 100	95,5	0,150
Nº 140	95,4	0,106
Nº 200	95,3	0,075
	88,2	0,026
	81,9	0,017
	70,7	0,010
	64,6	0,008
	55,4	0,006
	39,9	0,003
	9,2	0,001

Tiempo de dispersión: 16h



Nota:

- El ensayo del hidrómetro es realizado para todas las muestras con material pasando el tamiz Nº 10.

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:

Oscar Valerio Salas
Ing. Oscar Valerio Salas
Jefe Laboratorio de Geotecnia

Revisó:

Guillermo González Beltrán
Ing. Guillermo González Beltrán, Ph.D.
Coordinador General de Laboratorios

Aprobó:

Alejandro Navas Carro
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR

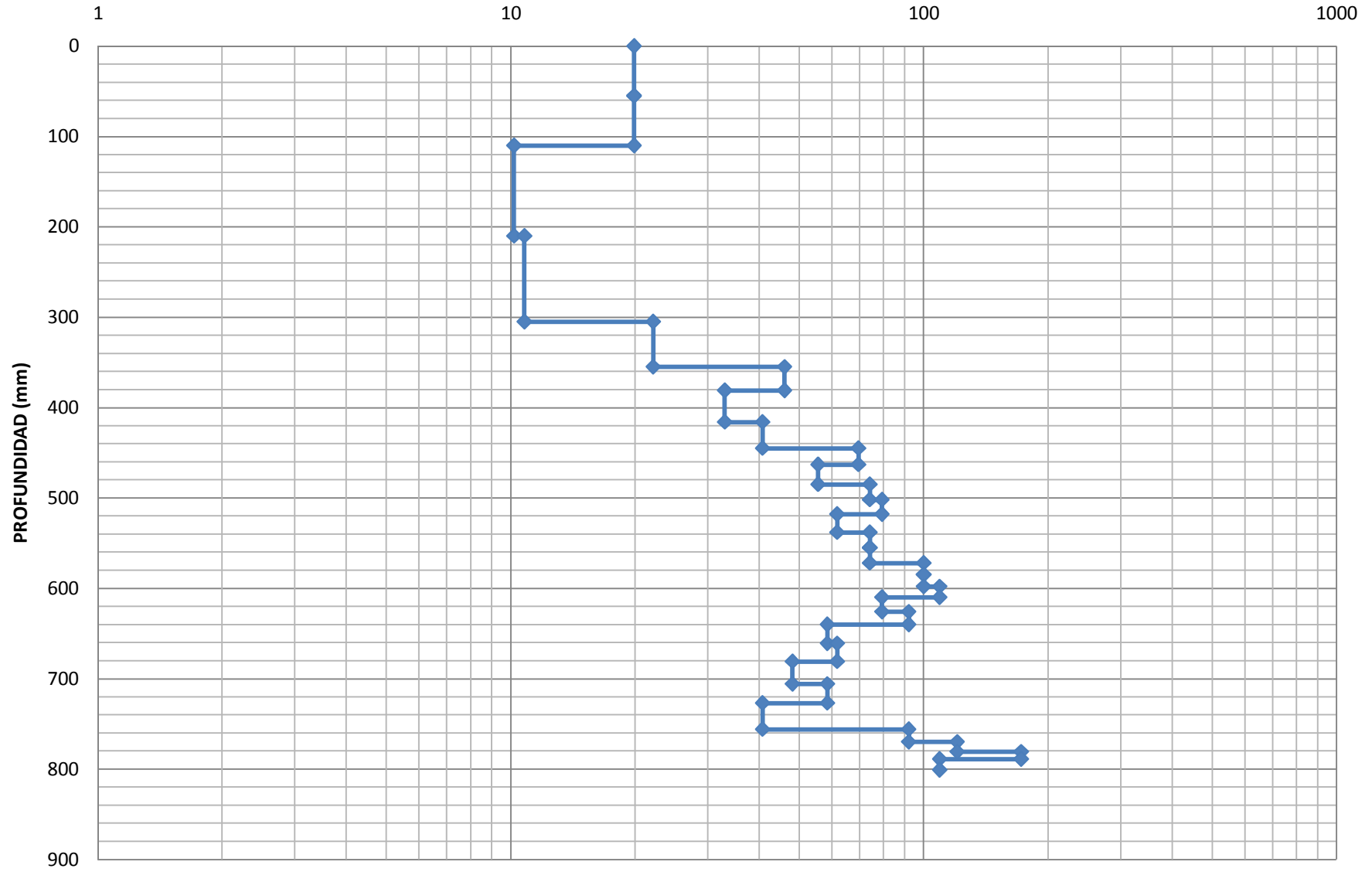


Anexo 6. Estimación CBR en sitio con ensayos DCP

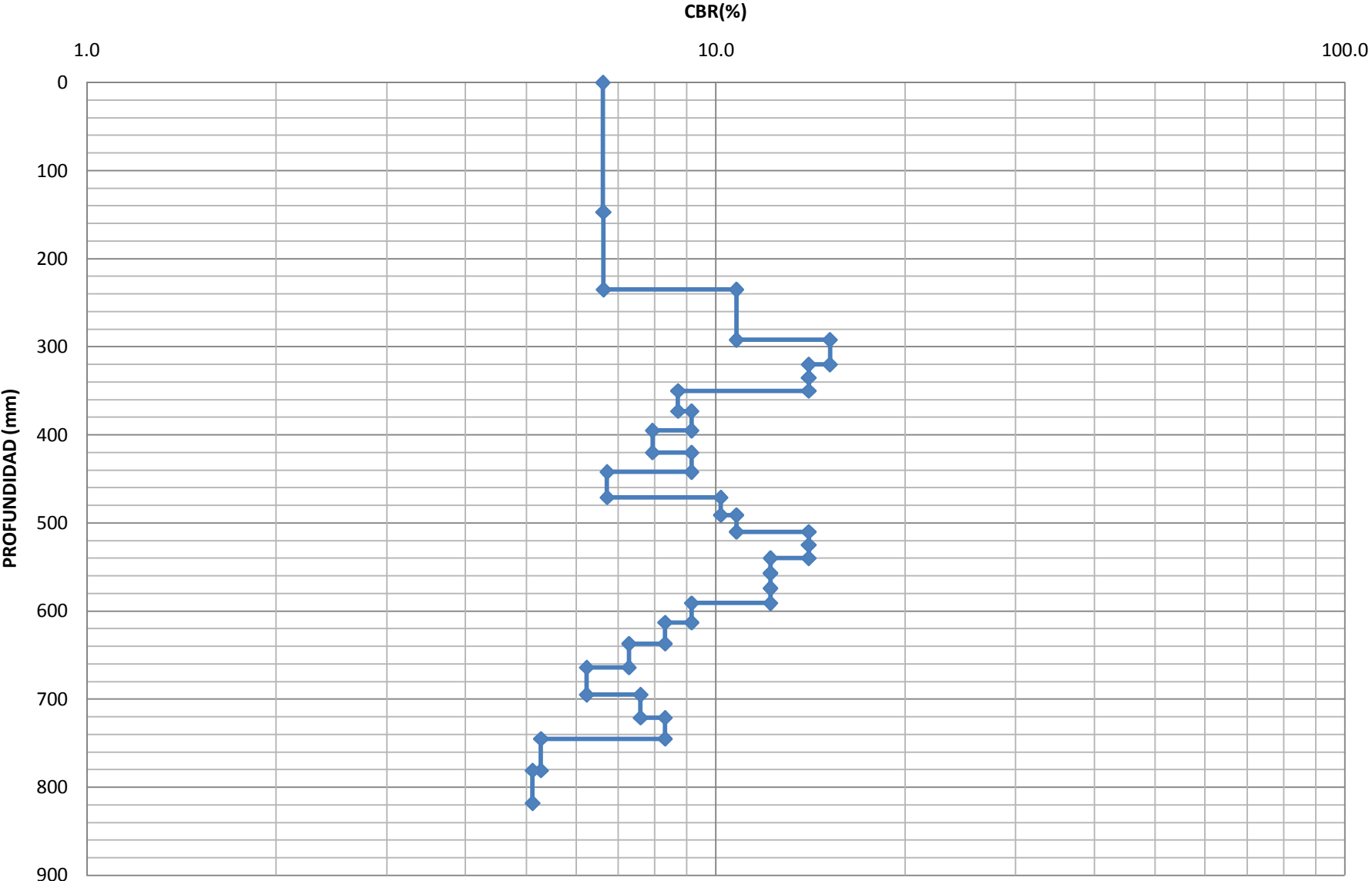


SONDEO #1

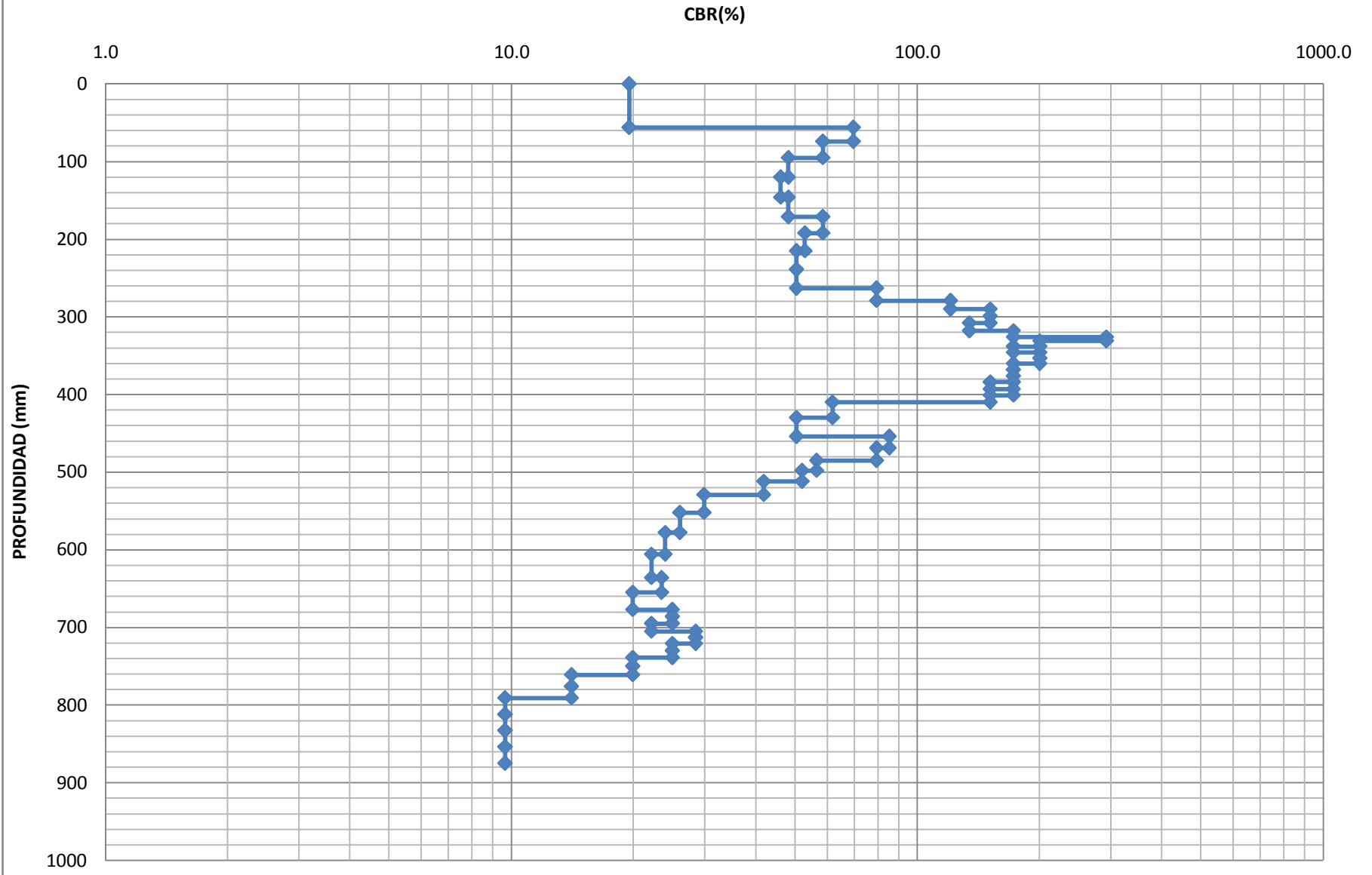
CBR(%)



SONDEO #2



SONDEO #3



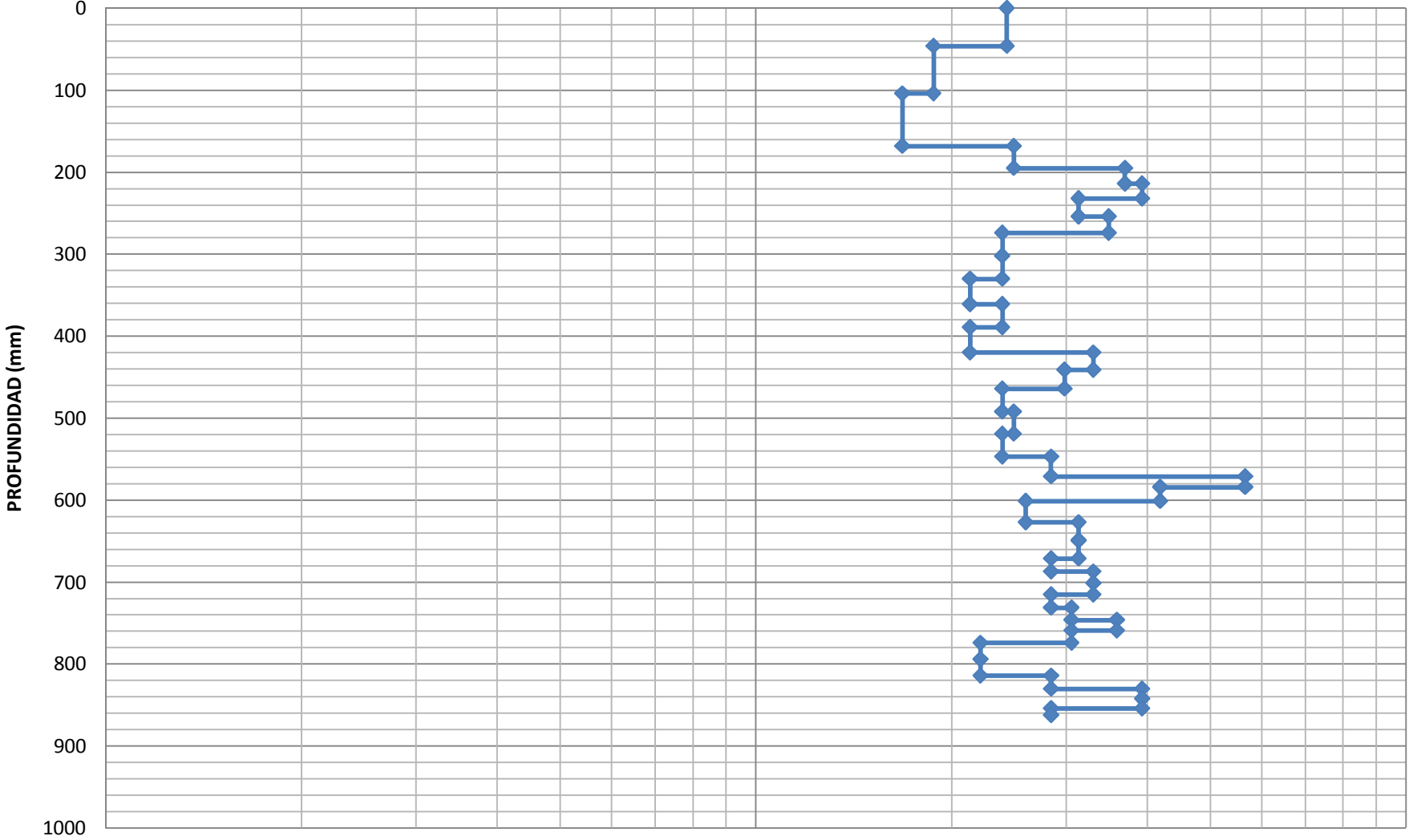
SONDEO #4

CBR(%)

1.0

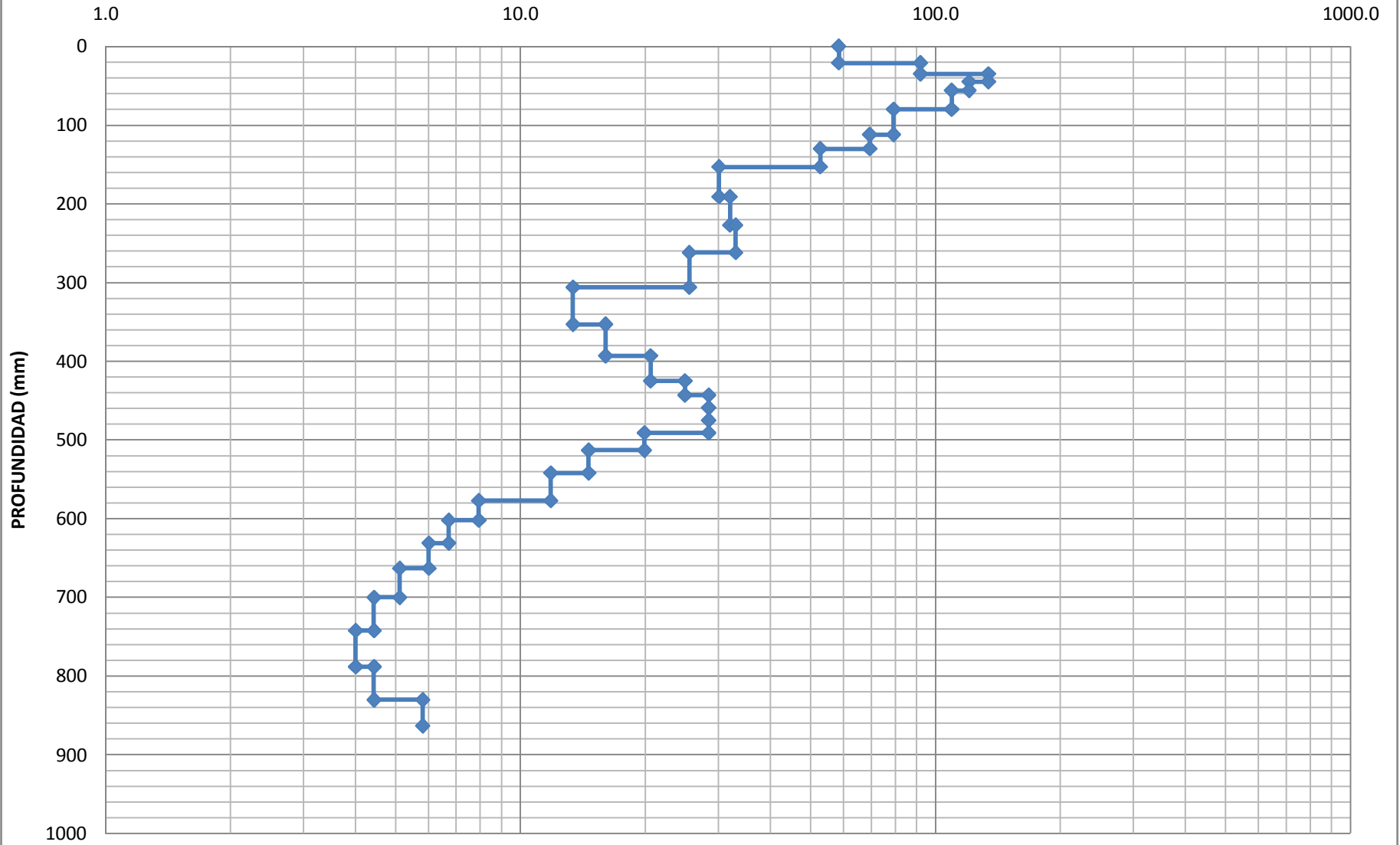
10.0

100.0

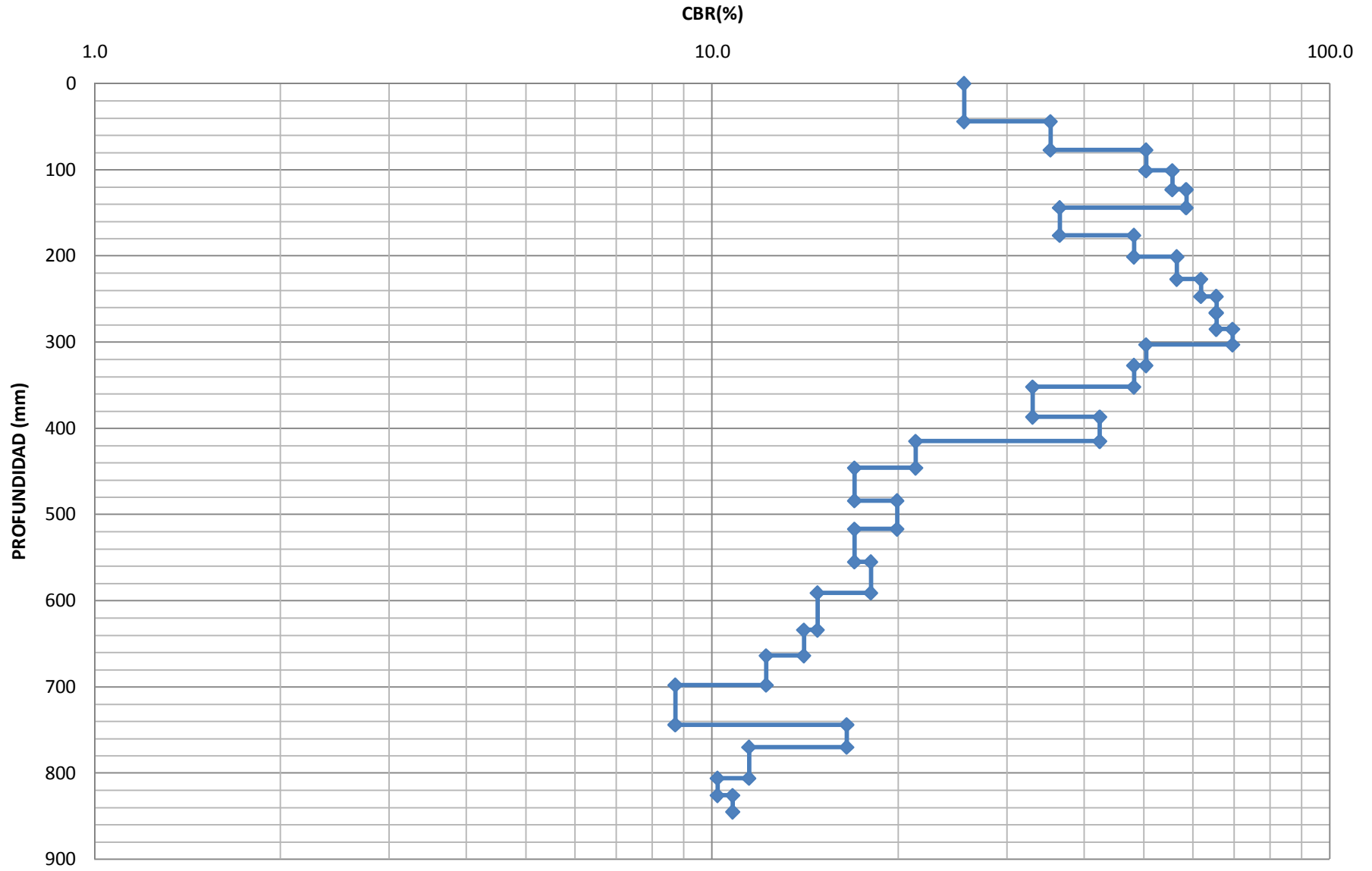


SONDEO #5

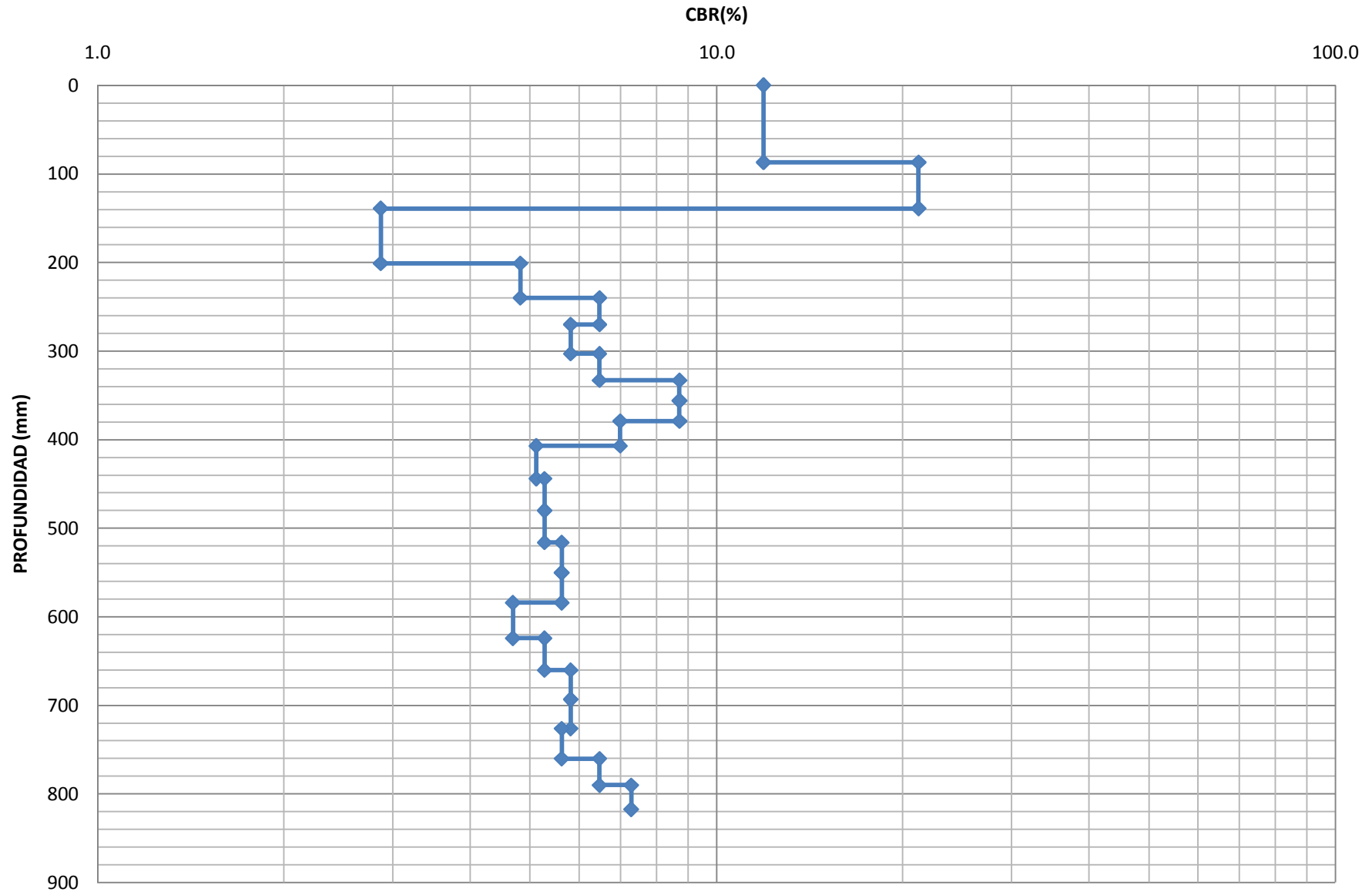
CBR(%)



SONDEO #7

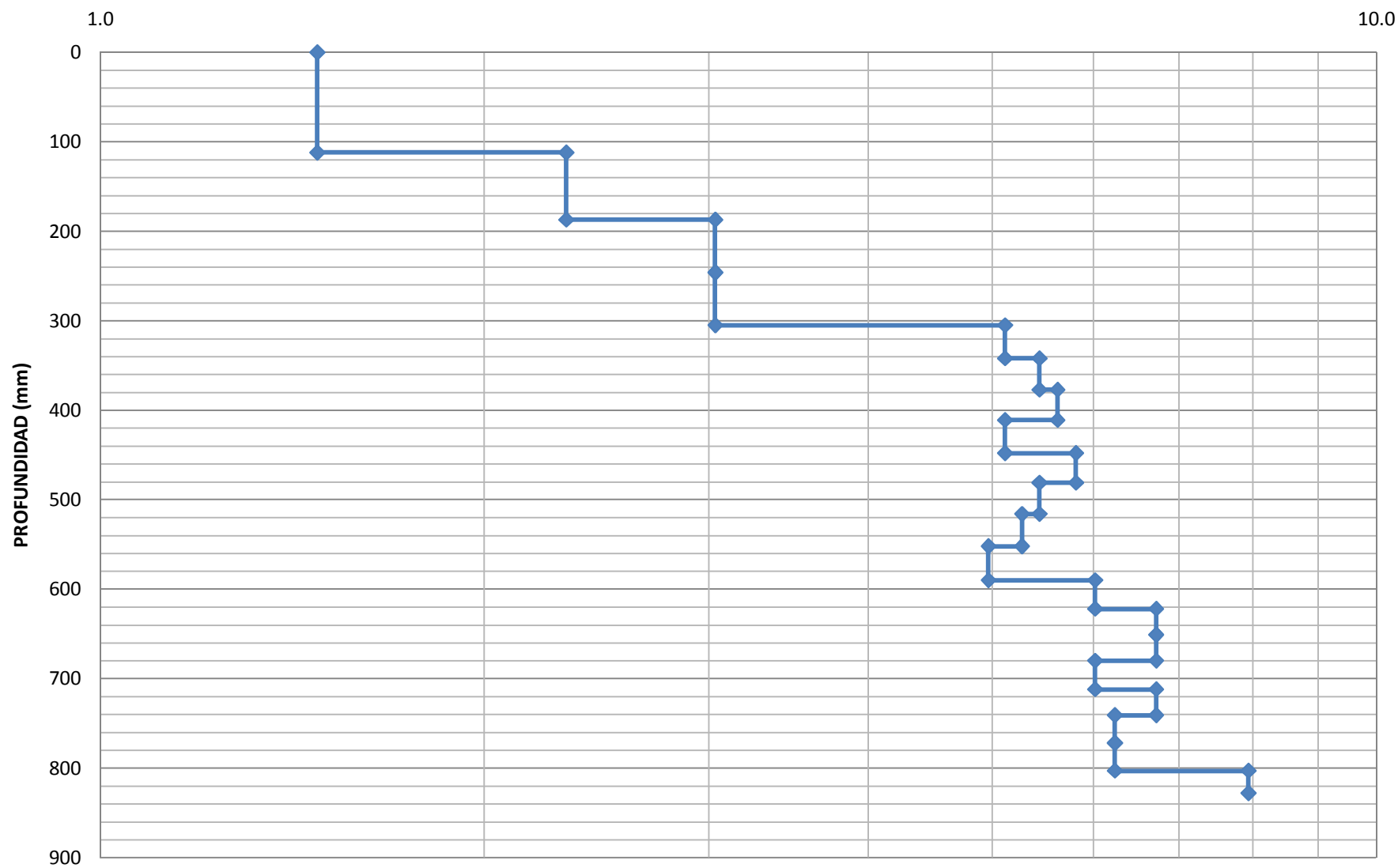


SONDEO #8-B

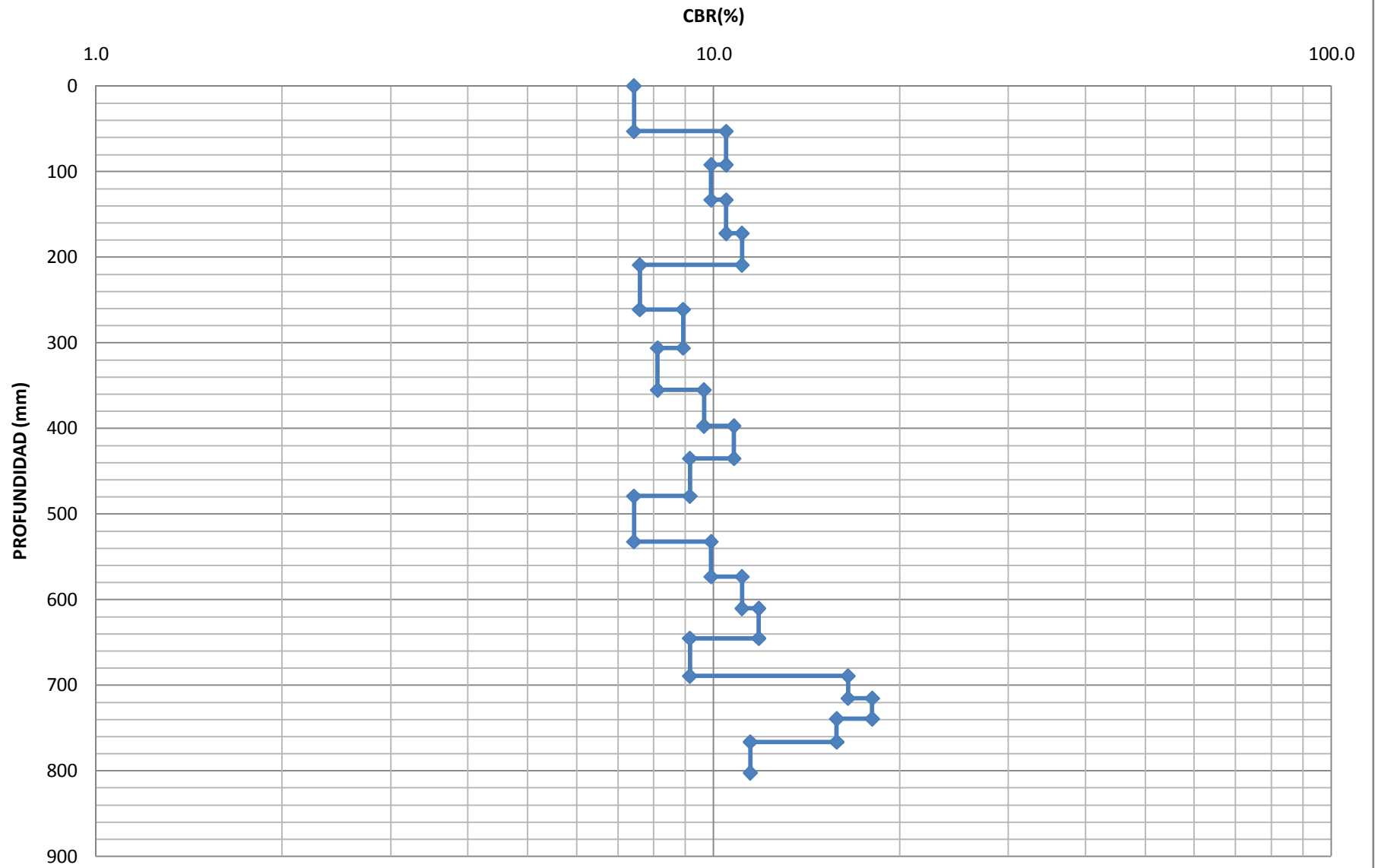


SONDEO #8-C

CBR(%)

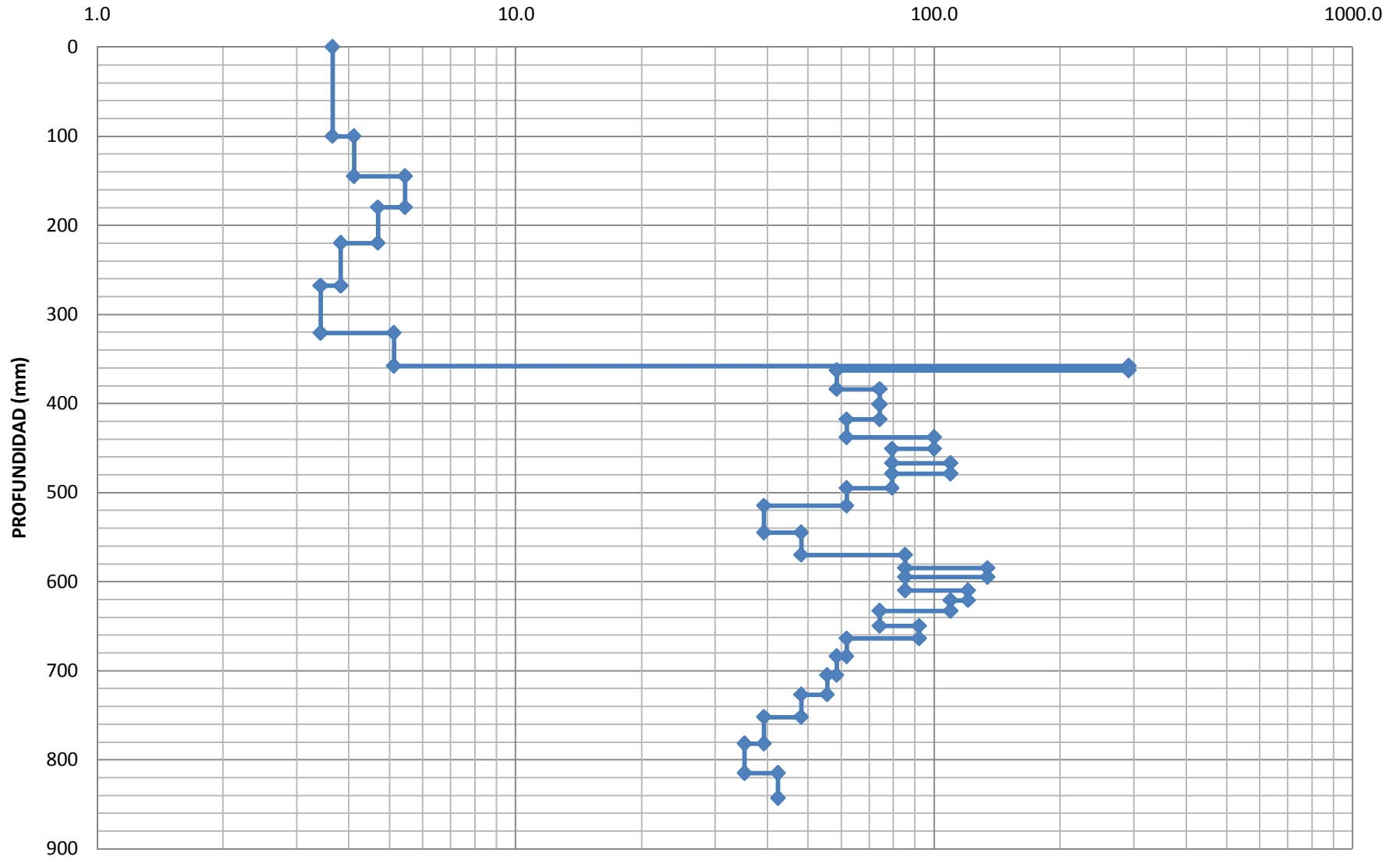


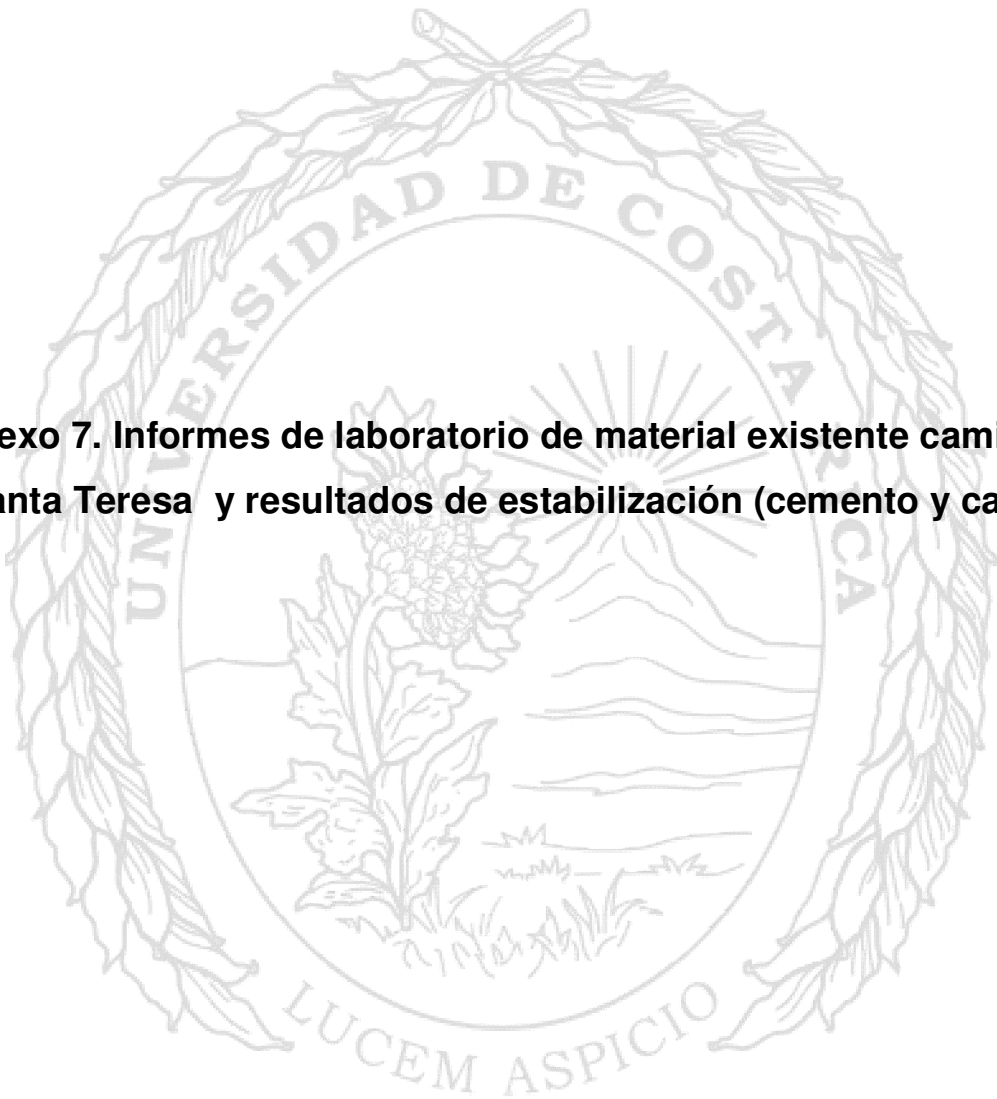
SONDEO #8-D (50cm profundidad)



SONDEO #9

CBR(%)





**Anexo 7. Informes de laboratorio de material existente camino
Santa Teresa y resultados de estabilización (cemento y cal).**



No. de informe: I-0790-17

Informe de Ensayo

RC-80 v.08 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 886 -17

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal, PITRA
Ing. Alonso Ulate Castillo

Proyecto: Evaluación de estabilización de base en un tramo en Cóbano - Guanacaste

Domicilio: Lanamme. Universidad de Costa Rica, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

ASTM C136 (**). Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

AASHTO T 180 (*). Método estándar de ensayo para la relación densidad-humedad de materiales granulares usando mazo de 4,54 kg y una caída de 457 mm.

AASHTO T 89 y AASHTO T 90 (*). Métodos estándar de ensayo para la determinación de los límites de Atterberg.

AASHTO T 89 y AASHTO T 90 (*). Métodos estándar de ensayo para la determinación de los límites de Atterberg.

ASTM D-1633 (**). Preparación y determinación de la compresión inconfina de bases estabilizadas.



(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

(**) Ensayo no acreditado.





No. de informe: I-0790-17

3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

No. de identificación: **Descripción:**

- | | |
|-----------|---|
| M-339 -17 | 3 sacos (aprox 120 kg), Material de rasante existente, suelo combinado con grava Camino Malpais-Santa Teresa, Cobano. Identificados como: Cobano, Sondeo #1 Muestra #1, #2 y #3 |
| M-340 -17 | 3 sacos (aprox 120 kg), Material de rasante existente, suelo combinado con grava Camino Malpais-Santa Teresa, Cobano. Identificados como: Cobano, Sondeo #1 Muestra #1, #2 y #3 |

Aportadas por: Ing. Alonso Ulate

Fecha de recepción: 2017/02/28

Fecha de realización del ensayo: 2017/03/23 al 2017/03/31

4. Información del muestreo :

La muestra fue suministrada por el cliente en nuestras instalaciones.

5. Resultados :

Inicialmente el material suministrado se homogenizó y se cuarteó para llevar a cabo los ensayos de análisis granulométrico, límites de Atterberg y Próctor modificado. Posteriormente se llevó a cabo el diseño para cada muestra, para lo cual se compactaron 6 especímenes por punto de dosificación con cal y 6 especímenes por punto de dosificación con cemento, y de esta forma determinar si era factible la estabilización con alguno de los dos agentes, en ambos casos el ensayo se realizó en condición de humedad óptima. Al utilizar cemento los especímenes fueron curados durante 7 días en la cámara húmeda, y para los especímenes con cal se curaron por 7 día envueltos con papel adhesivo, para luego ser saturados por capilaridad. Para esto último, los especímenes se colocaron sobre una cama de oasis cubiertos de agua, donde las muestras se envolvieron en paños absorbentes para que se saturarn mediante capilaridad duante 24 horas.

Finalmente, se fallaron para obtener el esfuerzo a compresión inconfinaada.

firma?

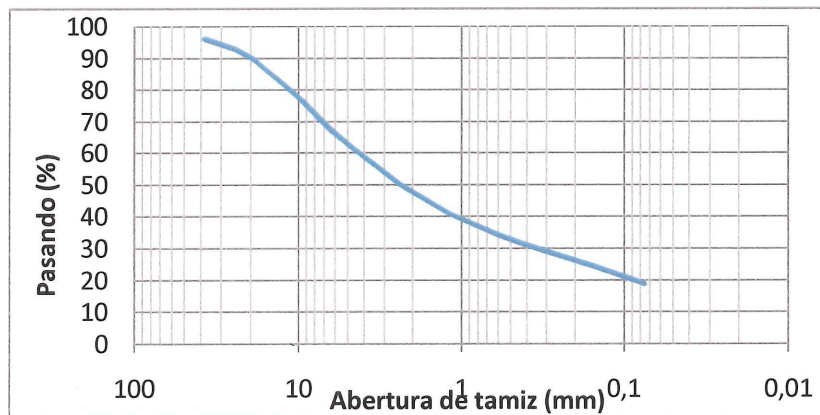


No. de informe: I-0790-17

**Tabla N° 1: Resultados del análisis granulométricos
Muestra: 339-17**

Tamiz		Masa	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Pulg.	mm.	Retenido	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasando (%)
1 1/2"	37,5	377,4	3,8	3,8	96,2
1"	25	312,7	3,2	7,0	93,0
3/4"	19,0	321,1	3,2	10,2	89,8
1/2"	12,50	762,8	7,7	17,9	82,1
3/8"	9,50	529,0	5,3	23,3	76,7
1/4"	6,30	930,7	9,4	32,7	67,3
N° 4	4,75	537,3	5,4	38,1	61,9
N° 8	2,36	1184,3	12,0	50,1	49,9
N° 16	1,18	674,2	6,8	59,2	40,8
N° 30	0,60	643,6	6,5	65,7	34,3
N° 40	0,43	269,5	2,7	68,4	31,6
N° 50	0,30	255,8	2,6	71,0	29,0
N° 100	0,15	475,5	4,8	75,8	24,2
N° 200	0,075	539,0	5,4	81,3	18,7
Charola		100,6	18,7	100,0	
Lavado pasando N°200		0,0	100,0		
Totales		9898,4	200,0		

**Gráfica N° 1: Granulometría del material ensayado
Muestra: 339-17**

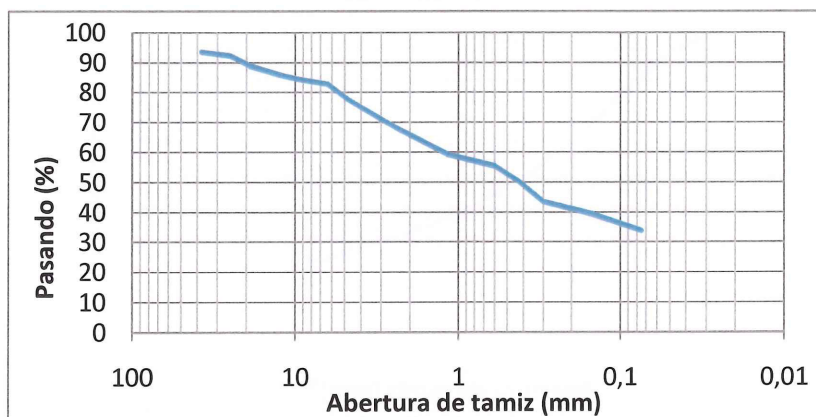


No. de informe: I-0790-17

**Tabla N° 2: Resultados del análisis granulométricos
Muestra: 340-17**

Tamiz		Masa	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Pulg.	mm.	Retenido	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasando (%)
1 1/2"	37,5	547,4	6,4	6,4	93,6
1"	25	108,2	1,3	7,6	92,4
3/4"	19,0	281,9	3,3	10,9	89,1
1/2"	12,50	261,0	3,0	13,9	86,1
3/8"	9,50	124,0	1,4	15,4	84,6
1/4"	6,30	139,3	1,6	17,0	83,0
N° 4	4,75	443,7	5,2	22,2	77,8
N° 8	2,36	853,0	9,9	32,1	67,9
N° 16	1,18	491,3	5,7	40,7	59,3
N° 30	0,60	331,3	3,9	44,5	55,5
N° 40	0,43	432,5	5,0	49,6	50,4
N° 50	0,30	591,7	6,9	56,5	43,5
N° 100	0,15	351,6	4,1	60,5	39,5
N° 200	0,075	467,7	5,4	66,0	34,0
Charola		250,8	34,0	100,0	
Lavado pasando N°200		2674,8	100,0		
Totales		8600,6	200,0		

**Gráfica N° 2: Granulometría del material ensayado
Muestra: 340-17**



No. de informe: I-0790-17

Tabla N° 3: Resultados de densidad máxima seca del ensayo del próctor modificado
Muestra: 339-17

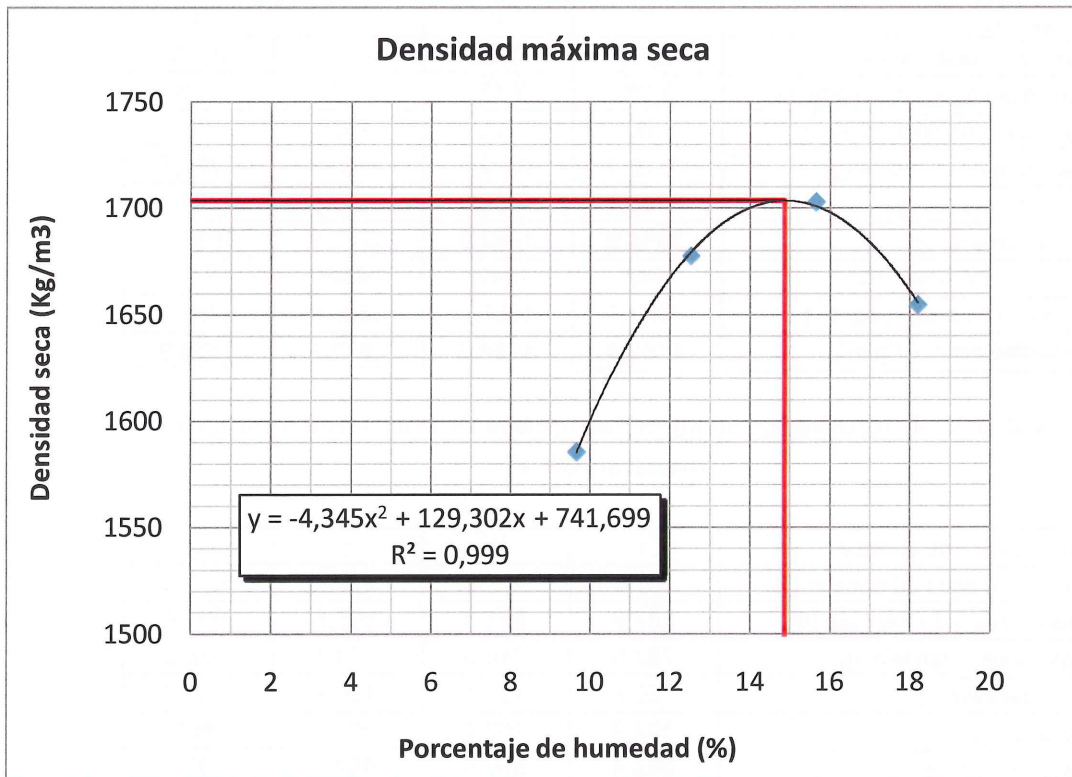
Ensayo No.	1	2	3	4
Masa de muestra seca	2000	2000	2000	2000
Porcentaje agua adicionado (%)	5,0%	7,5%	2,5%	0,0%
Masa de agua adicionada (g)	100	150	50	0
Masa húmeda + molde (g)	6012,9	6000,0	5935,9	5795,7
Masa del molde, (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa húmeda, (g)	1854,9	1842,0	1777,9	1637,7
Volumen del molde, (cm ³)	942	942	942	942
Densidad húmeda, (Kg/m ³)	1969,7	1956,0	1887,9	1739,1
Densidad seca, (Kg/m³)	1702,9	1654,8	1677,7	1585,9

Tabla N° 4: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 339-17

Identificación de bandeja	1	2	3	4
Porcentaje agua adicionado (%)	5,0%	7,5%	2,5%	0,0%
Masa húmeda + bandeja (g)	887,9	825,0	855,5	896,4
Masa seca + bandeja (g)	783,9	716,6	773,7	828,2
Masa bandeja (g)	120,5	121,1	120,9	121,7
Masa de agua (g)	103,9	108,4	81,8	68,2
Masa de seca (g)	663,4	595,5	652,8	706,5
Porcentaje de humedad (%)	15,7	18,2	12,5	9,7

No. de informe: I-1579-16

**Gráfica N° 3: Relación densidad - humedad del material
Muestra: 339-17**



Densidad máxima seca:	1703,7	Kg/m³
Porcentaje óptimo humedad:	14,9	%
Método	"C"	
No.Capas	5	
No.Golpes/ capa	25	
Molde	4"	
Limite líquido (LL):	39	
Limite plástico (LP):	28	
Índice plasticidad (IP):	11	

No. de informe: I-1579-16

**Tabla N° 5: Resultados de densidad máxima seca del ensayo del próctor modificado
Muestra: 0340-17**

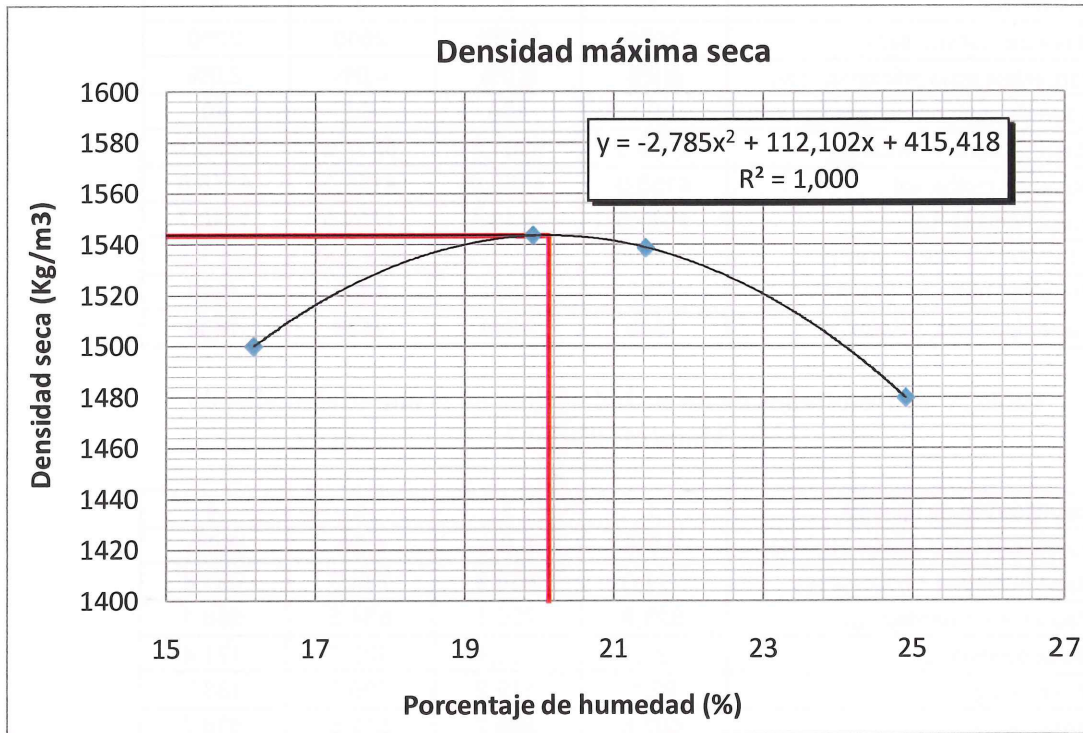
Ensayo No.	1	2	3	4
Masa de muestra seca	2000	2000	2000	2000
Porcentaje agua adicionado (%)	0,0%	8,0%	4,0%	2,0%
Masa de agua adicionada (g)	0	160	80	40
Masa húmeda + molde (g)	5799,0	5901,1	5917,5	5898,7
Masa del molde, (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa húmeda, (g)	1641,0	1743,1	1759,5	1740,7
Volumen del molde, (cm ³)	941,720	941,720	941,720	941,720
Densidad húmeda, (Kg/m ³)	1743	1851	1868	1848
Densidad seca, (Kg/m³)	1500	1544	1539	1480

**Tabla N° 6: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 0340-17**

Identificación de bandeja	1	2	3	4
Porcentaje agua adicionado (%)	0,0%	8,0%	4,0%	2,0%
Masa humedad + bandeja (g)	711,0	839,3	744,3	791,8
Masa seca + bandeja (g)	628,9	720,1	634,5	658,1
Masa bandeja (g)	121,1	121,4	122,0	121,4
Masa de agua (g)	82,1	119,2	109,8	133,7
Masa de seca (g)	507,8	598,7	512,5	536,7
Porcentaje de humedad (%)	16,2	19,9	21,4	24,9

No. de informe: I-1579-16

Gráfica N° 4: Relación densidad - humedad del material
Muestra: 0340-17



Densidad máxima seca:	1544	Kg/m ³
Porcentaje óptimo humedad:	20,1	%
Densidad húmeda:	1854	Kg/m ³
METODOLOGIA	"C"	
No.Capas	5	
No.Golpes/ capa	25	
Molde	4"	
Limite líquido (LL):	64	
Limite plástico (LP):	35	
Índice plasticidad (IP):	29	

No. de informe: I-0790-17

**Tabla N° 6: Resultados de densidad y compactación
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cal**

Porcentaje de cal dosificado	0,80%		1,80%		2,80%	
Masa del molde (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa molde + suelo húmedo (g)	5994,1	5988,6	5972,0	5953,1	5948,0	5970,1
Masa de suelo húmedo (g)	1836,1	1830,6	1814,0	1795,1	1790,0	1812,1
Volumen del molde (cm ³)	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7
Densidad seca real (kg/m ³)	1692,1	1673,9	1676,9	1653,6	1651,3	1675,2
Humedad espécimen (%)	15,0	15,9	14,7	15,1	14,9	14,7
Porcentaje de compactación (%)	99,3	98,3	98,4	97,1	96,9	98,3

**Tabla N° 7: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cal**

Porcentaje de cal dosificado	0,80%		1,80%		2,80%	
Cápsula #	10,0	11,0	15,0	29,0	31,0	47,0
Peso de capsula (g)	120,0	120,5	120,4	120,9	120,9	121,4
Peso cápsula+muestra húmeda (g)	915,7	931,0	943,7	946,8	925,8	926,5
Peso cápsula+muestra seca (g)	811,8	819,7	838,4	838,6	821,4	823,5
Humedad de muestra (%)	15,0	15,9	14,7	15,1	14,9	14,7

**Tabla N° 7: Resultados de la falla de especímenes
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cal**

Item	Porcentaje de dosificación de cal					
	0,80%		1,80%		2,80%	
Altura promedio (mm)	116,4	116,7	116,7	117,1	117,1	117,5
Diámetro promedio (mm)	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7	101,7
Área transversal (cm ²)	81,2	81,2	81,3	81,3	81,2	81,2
Relación Altura/Diámetro (L/D)	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,16
Carga máxima (kN)	7,7	6,8	17,8	14,0	22,9	26,5
Esfuerzo máximo (kPa)	948,0	837,2	2190,2	1722,4	2818,7	3263,3
Esfuerzo máximo (kgf/cm ²)	9,7	8,5	22,3	17,6	28,7	33,3

No. de informe: I-0790-17

Tabla N° 6: Resultados de densidad y compactación
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cemento

Porcentaje de cal dosificado	2,50%		3,00%		3,50%	
Masa del molde (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa molde + suelo húmedo (g)	5918,8	6024,7	6027,4	6032,8	6038,3	6037,3
Masa de suelo húmedo (g)	1760,8	1866,7	1869,4	1874,8	1880,3	1879,3
Volumen del molde (cm ³)	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7
Densidad seca real (kg/m ³)	1639,0	1722,1	1726,6	1720,4	1750,5	1726,7
Humedad espécimen (%)	13,9	14,9	14,8	15,5	13,9	15,4
Porcentaje de compactación (%)	95,2	100,0	100,3	99,9	101,6	100,3

Tabla N° 7: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cemento

Porcentaje de cemento dosificado	2,50%		3,00%		3,50%	
Cápsula #	15,0	24,0	29,0	16,0	33,0	37,0
Peso de capsula (g)	120,5	121,1	120,9	121,1	121,4	121,7
Peso cápsula+muestra húmeda (g)	803,3	876,1	833,5	827,8	821,2	793,3
Peso cápsula+muestra seca (g)	720,1	778,2	741,9	732,9	736,0	703,8
Humedad de muestra (%)	13,9	14,9	14,8	15,5	13,9	15,4

Tabla N° 7: Resultados de la falla de especímenes
Muestra: 339-17 Diseño de estabilización con cemento

Item	Porcentaje de dosificación de cemento					
	2,50%		3,00%		3,50%	
Altura promedio (mm)	102,2	102,0	102,0	101,9	102,0	102,1
Diámetro promedio (mm)	117,3	117,4	117,1	117,4	117,4	117,7
Área transversal (cm ²)	82,0	81,7	81,7	81,6	81,7	81,8
Relación Altura/Diámetro (L/D)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Carga máxima (kN)	13,6	20,5	22,7	25,6	31,0	24,8
Esfuerzo máximo (kPa)	1659,3	2509,6	2779,5	3136,4	3792,8	3031,1
Esfuerzo máximo (kgf/cm ²)	16,9	25,6	28,3	32,0	38,7	30,9

No. de informe: I-0790-17

Tabla N° 6: Resultados de densidad y compactación
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cal

Porcentaje de cal dosificado	0,80%		1,80%		2,80%	
Masa del molde (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa molde + suelo húmedo (g)	5893,9	5889,1	5846,5	5851,3	5834,2	5828,6
Masa de suelo húmedo (g)	1735,9	1731,1	1688,5	1693,3	1676,2	1670,6
Volumen del molde (cm ³)	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7
Densidad seca real (kg/m ³)	1532,2	1505,6	1480,3	1488,4	1474,3	1467,2
Humedad espécimen (%)	20,1	21,9	20,9	20,6	20,5	20,7
Porcentaje de compactación (%)	99,3	97,5	95,9	96,4	95,5	95,1

Tabla N° 7: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cal

Porcentaje de cal dosificado	0,80%		1,80%		2,80%	
Cápsula #	15,0	16,0	24,0	29,0	33,0	37,0
Peso de capsula (g)	117,7	120,6	121,7	122,0	121,9	122,5
Peso cápsula+muestra húmeda (g)	796,6	768,1	779,8	839,3	843,1	765,0
Peso cápsula+muestra seca (g)	683,1	651,8	666,0	716,8	720,3	654,8
Humedad de muestra (%)	20,1	21,9	20,9	20,6	20,5	20,7

Tabla N° 7: Resultados de la falla de especímenes
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cal

Ítem	Porcentaje de dosificación de cal					
	0,80%		1,80%		2,80%	
Altura promedio (mm)	102,3	102,7	102,1	101,8	101,8	101,7
Diámetro promedio (mm)	117,6	118,5	117,9	117,3	117,3	117,3
Área transversal (cm ²)	82,3	82,9	81,8	81,4	81,5	81,2
Relación Altura/Diámetro (L/D)	1,15	1,15	1,16	1,15	1,15	1,15
Carga máxima (kN)	3,1	3,0	7,6	7,8	12,8	11,6
Esfuerzo máximo (kPa)	376,9	361,9	929,2	957,7	1571,3	1427,8
Esfuerzo máximo (kgf/cm ²)	3,8	3,7	9,5	9,8	16,0	14,6

No. de informe: I-0790-17

Tabla N° 6: Resultados de densidad y compactación
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cemento

Porcentaje de cemento dosificado	2,50%		3,00%		3,50%	
Masa del molde (g)	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0	4158,0
Masa molde + suelo húmedo (g)	5932,3	5923,9	5918,0	5908,7	5925,4	5926,6
Masa de suelo húmedo (g)	1774,3	1765,9	1760,0	1750,7	1767,4	1768,6
Volumen del molde (cm ³)	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7	941,7
Densidad seca real (kg/m ³)	1542,9	1544,0	1534,2	1524,0	1545,6	1543,8
Humedad espécimen (%)	21,9	21,2	21,6	21,8	21,2	21,4
Porcentaje de compactación (%)	100,0	100,0	99,4	98,7	100,1	100,0

Tabla N° 7: Resultados de humedad óptima en el material analizado
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cemento

Porcentaje de cemento dosificado	2,50%		3,00%		3,50%	
Cápsula #	15,0	16,0	24,0	29,0	33,0	37,0
Peso de capsula (g)	120,5	121,1	121,1	120,9	121,4	121,7
Peso cápsula+muestra húmeda (g)	766,9	768,1	744,6	705,9	747,7	738,1
Peso cápsula+muestra seca (g)	650,8	654,8	633,9	601,3	638,1	629,3
Humedad de muestra (%)	21,9	21,2	21,6	21,8	21,2	21,4

Tabla N° 7: Resultados de la falla de especímenes
Muestra: 340-17 Diseño de estabilización con cemento

Item	Porcentaje de dosificación de cemento					
	2,50%		3,00%		3,50%	
Altura promedio (mm)	101,5	101,7	101,8	101,8	101,8	101,9
Diámetro promedio (mm)	117,2	118,2	117,4	117,4	117,4	117,2
Área transversal (cm ²)	80,9	81,3	81,4	81,4	81,3	81,5
Relación Altura/Diámetro (L/D)	1,15	1,16	1,15	1,15	1,15	1,15
Carga máxima (kN)	11,0	6,9	10,9	14,0	15,1	15,4
Esfuerzo máximo (kPa)	1359,5	849,0	1338,7	1720,7	1856,9	1889,8
Esfuerzo máximo (kgf/cm ²)	13,9	8,7	13,7	17,5	18,9	19,3



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



No. de informe: I-0790-17

Aclaraciones:

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Preparó:

Ing. Andrea Ulloa Calderón
Jefe Laboratorio de Mezclas Bituminosas


Revisó:

Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA
Coordinador Laboratorios de Infraestructura Vial

Aprobó:

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR

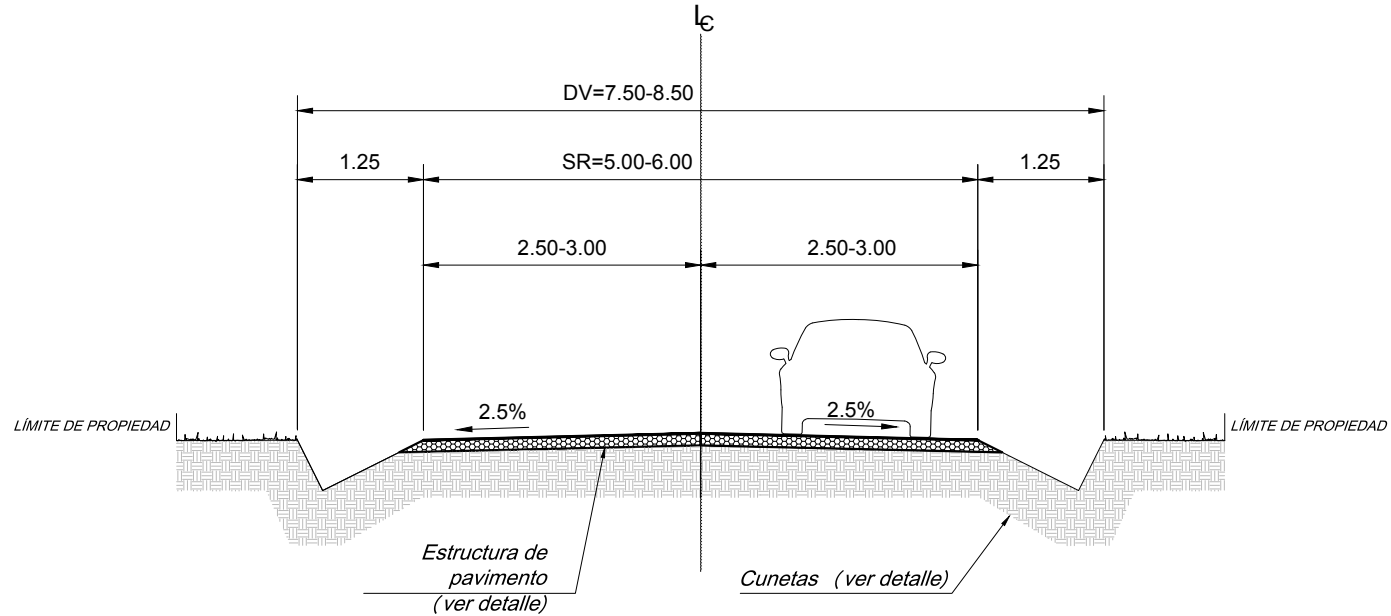




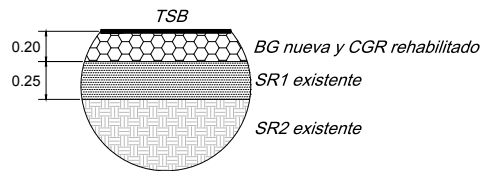
**Anexo 8. Recomendaciones de secciones transversales y
estructuras de pavimento**

Recomendación Sección Transversal Típica

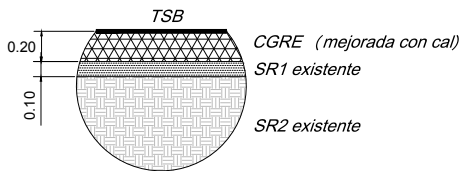
Escala 1:75



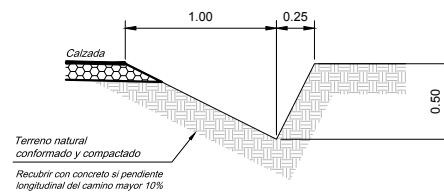
EP-1
Sin escala



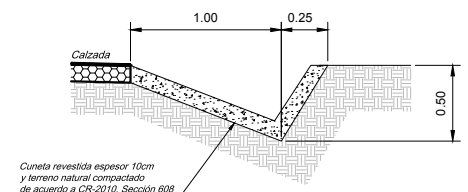
EP-2
Sin escala



Detalle cuneta en tierra
Sin escala



Detalle cuneta revestida
Sin escala



Camino Montezuma 6-01-128

Tramo 500 m según ubicación en mapa de informe LM-PI-GM-INF-05-2017

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



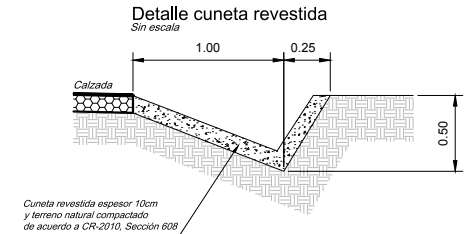
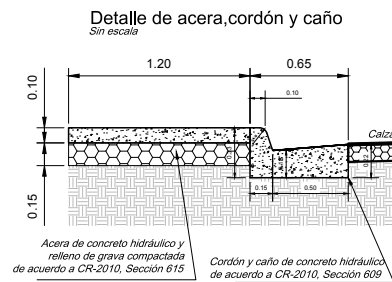
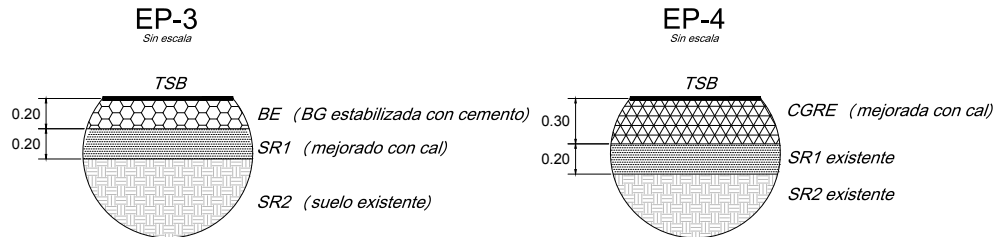
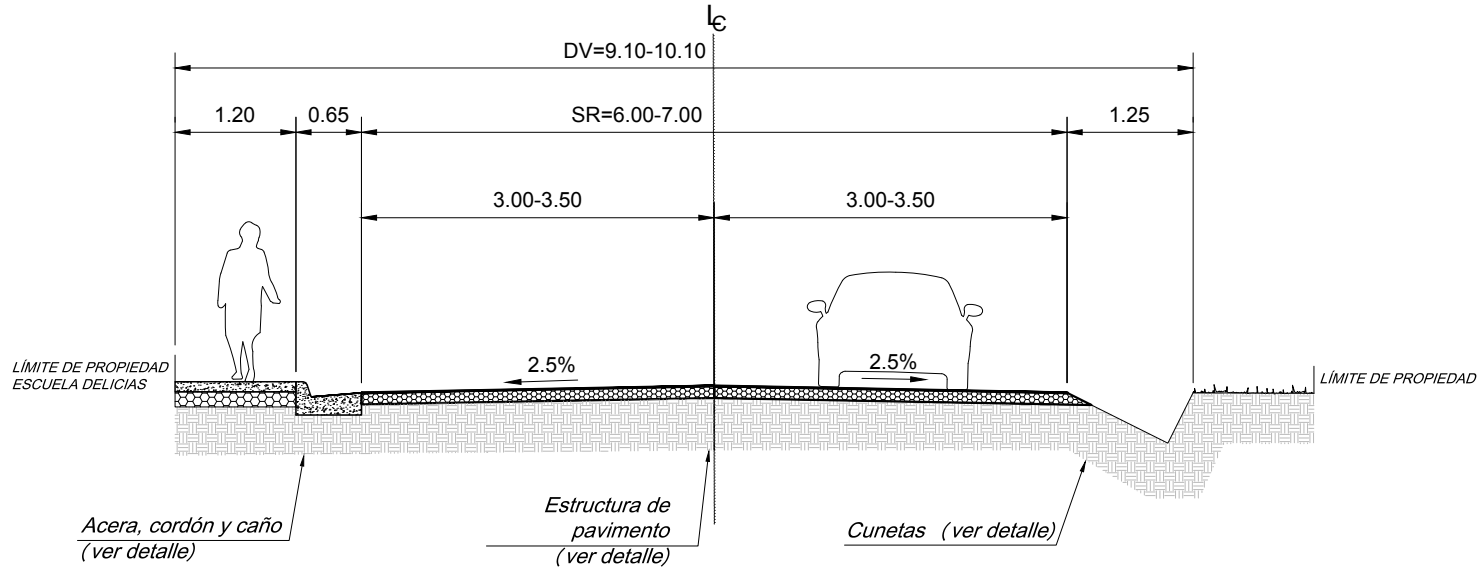
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



Camino Delicias 6-01-038

De: Escuela Delicias A: Ent C6-01-128 (tramo 750 m frente a Escuela)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



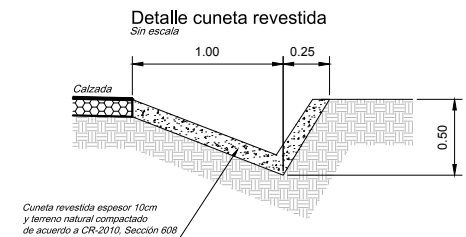
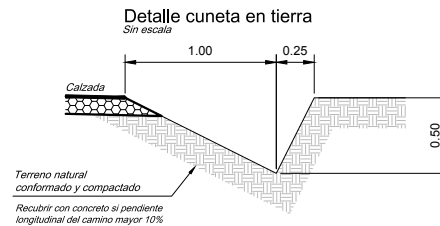
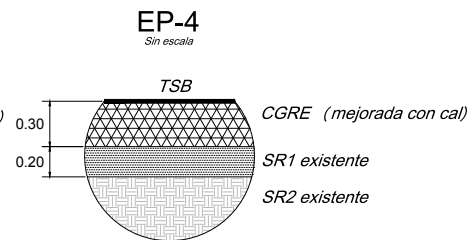
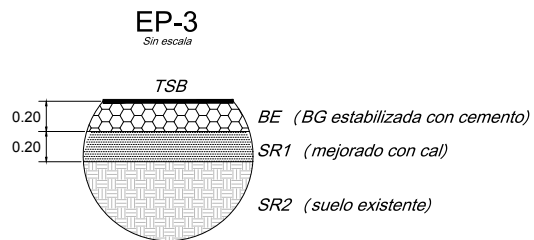
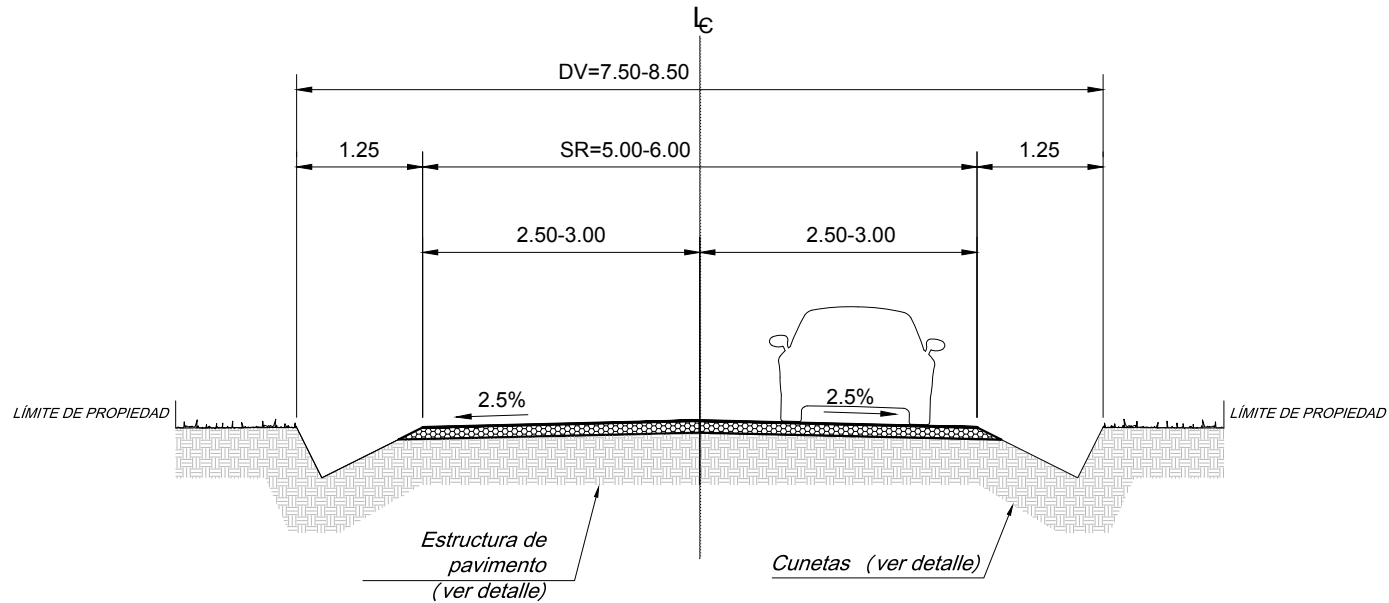
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



Camino Delicias 6-01-038

De: Ent C6-01-128 A: Plaza Futbol Delicias (tramo 1.75 km)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



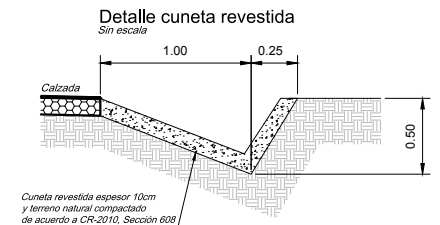
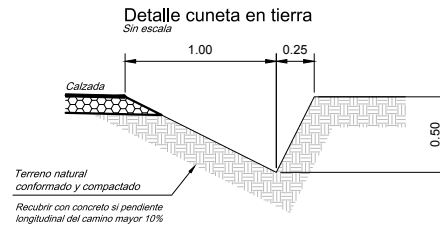
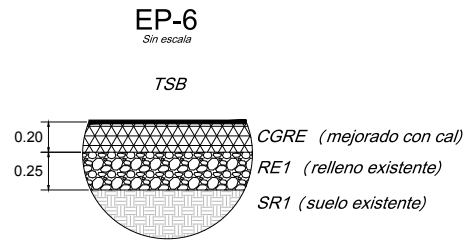
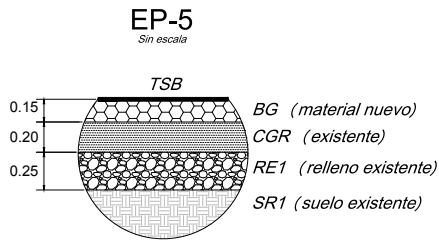
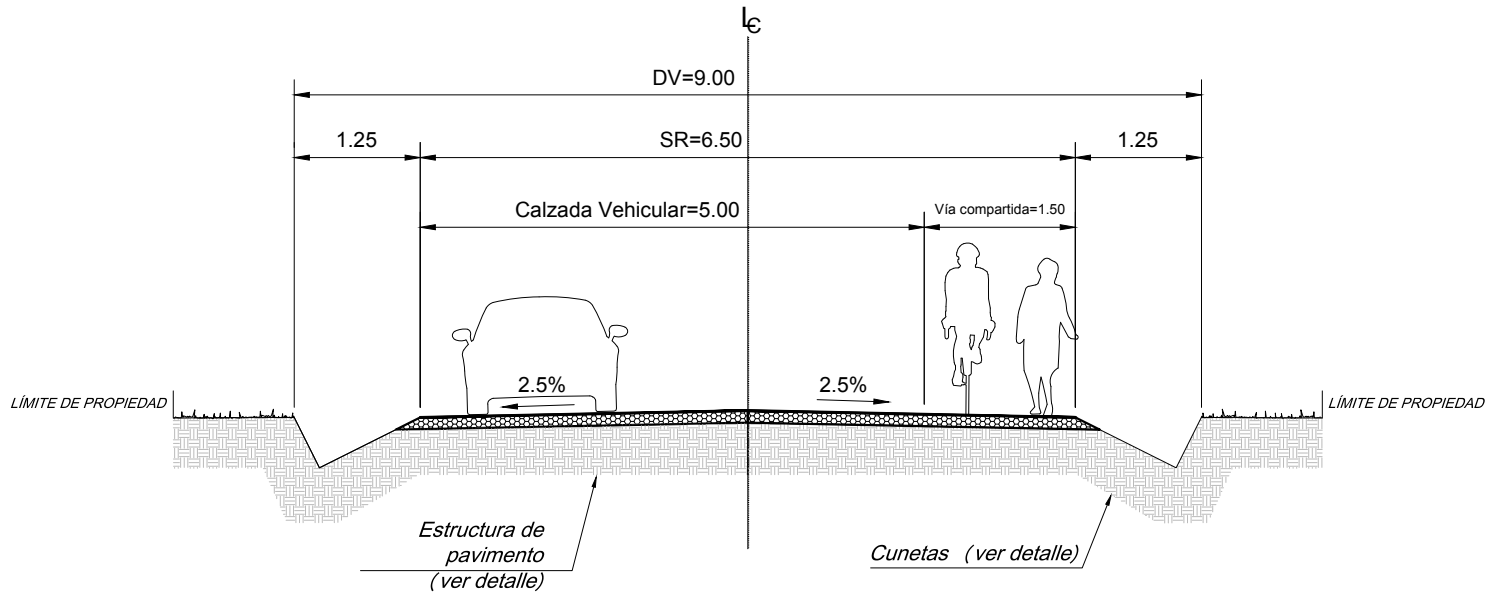
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



Camino Santa Teresa 6-01-001

Tramo 1 De: Escuela Malpaís A: Playa Malpaís (800m)

Tramo 2 De: Playa Mar Azul A: Blue Jay Lodge (1.4km)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



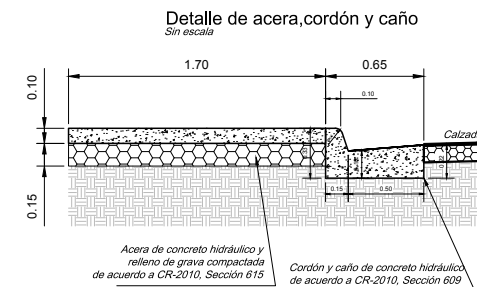
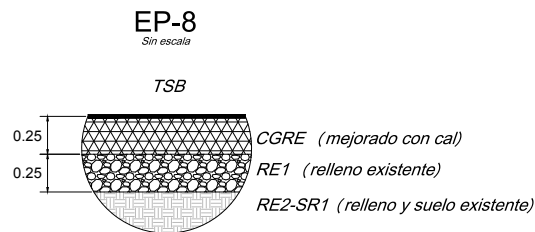
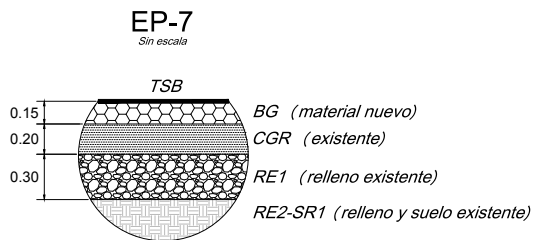
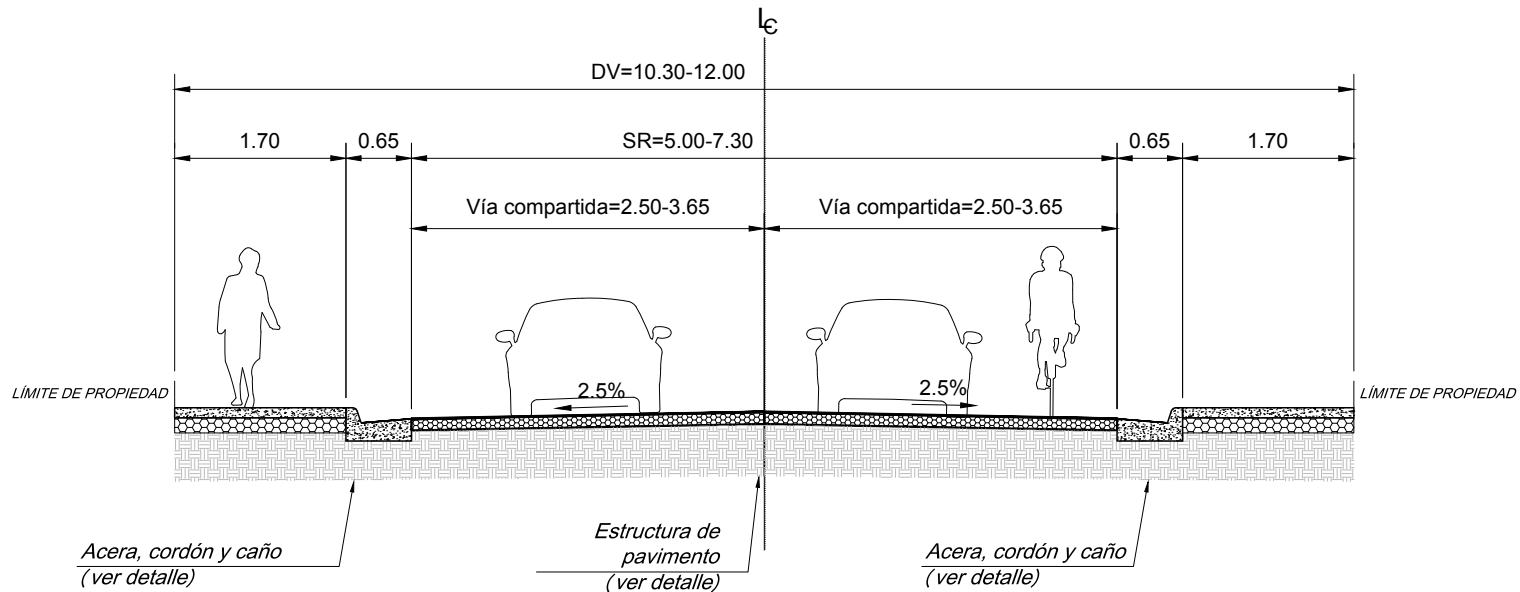
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



Camino Santa Teresa 6-01-001

Tramo 3 De: Int. Playa Carmen A: El Peñon (4.6km)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



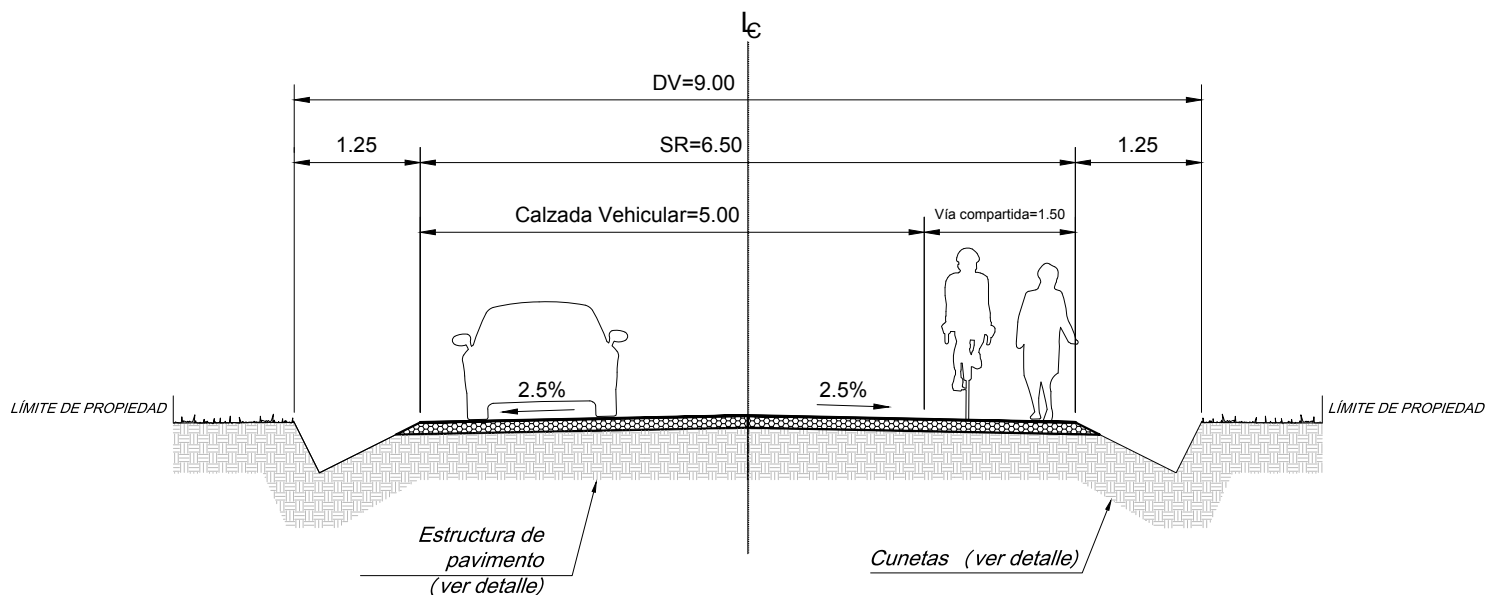
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

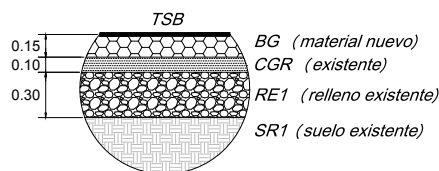
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



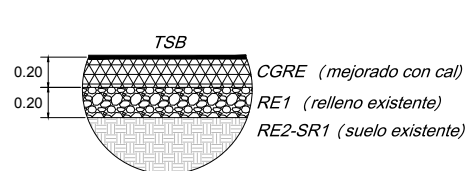
EP-9

Sin escala



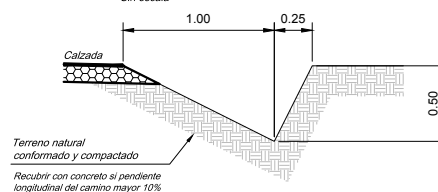
EP-10

Sin escala



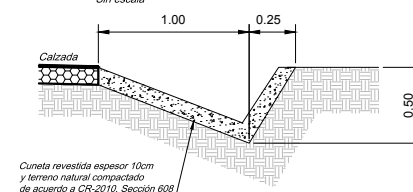
Detalle cuneta en tierra

Sin escala



Detalle cuneta revestida

Sin escala



Camino Santa Teresa 6-01-001

Tramo 4 De: Escuela Hermosa Valley A: Playa Cocal Grande (800m)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

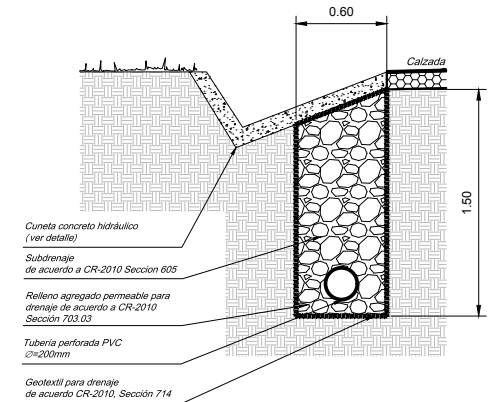
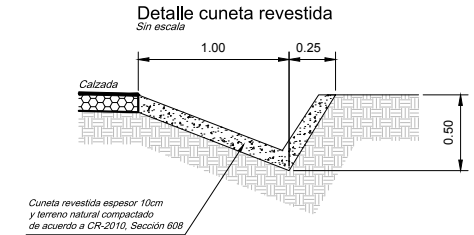
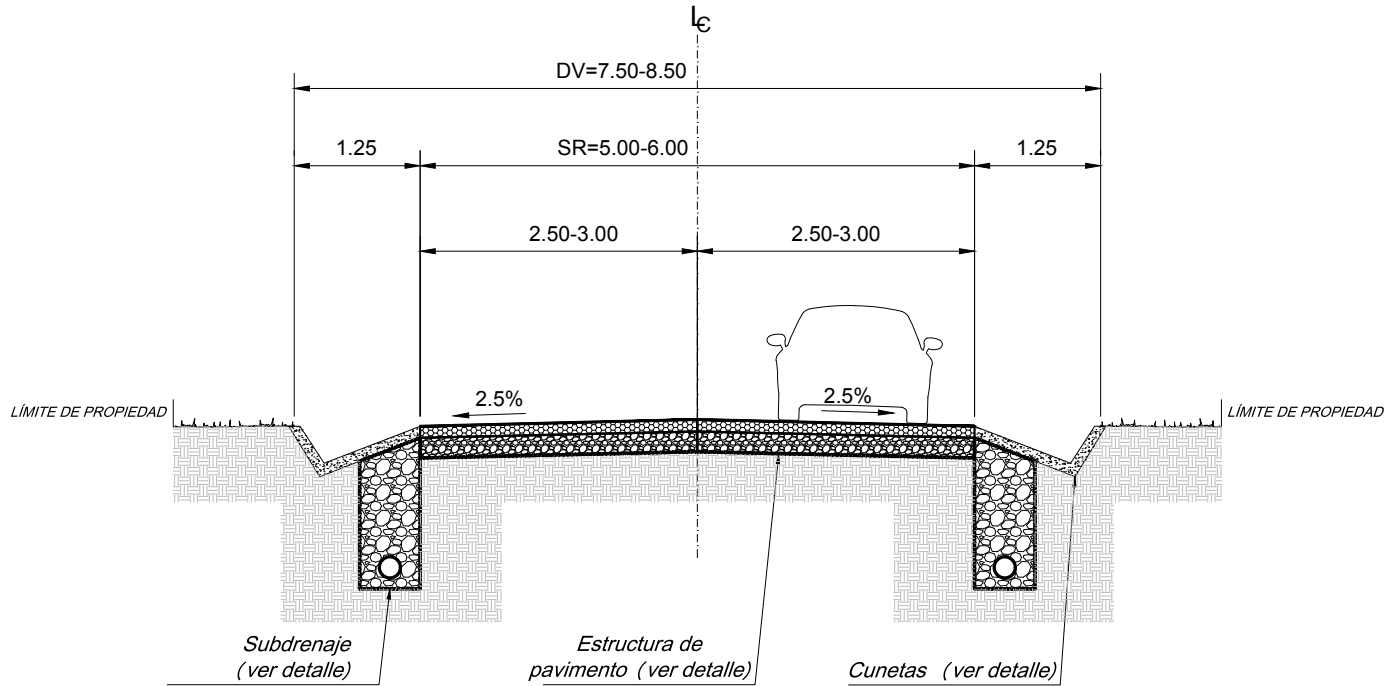
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

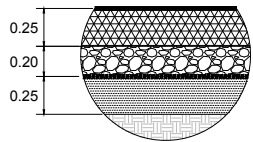
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



EP-11
Sin escala

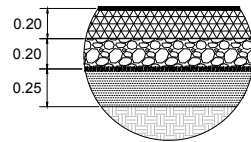
TSB



BE (BG nueva estabilizada con cemento)
SBG (subbase drenante con geotextil)
SR1 (suelo existente)
SR2 (suelo existente)

EP-12
Sin escala

TSB



BE (BG existente estabilizada con cal)
SBG (subbase drenante con geotextil)
SR1 (suelo existente)
SR2 (suelo existente)

Camino San Isidro 6-01-037

Tramo pendiente inestable 150m (S8)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



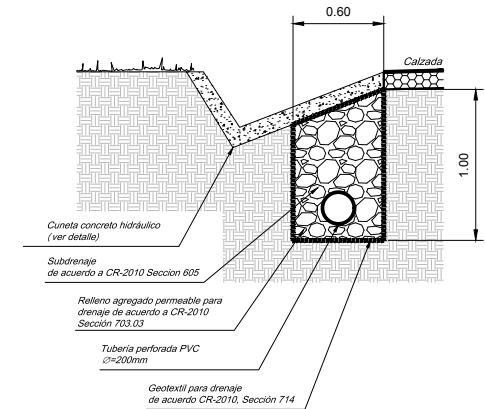
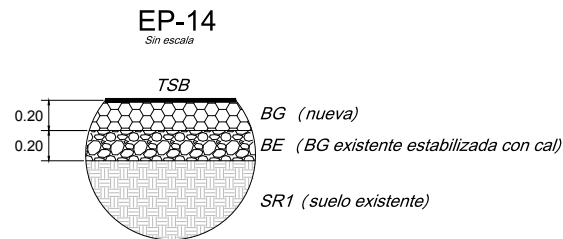
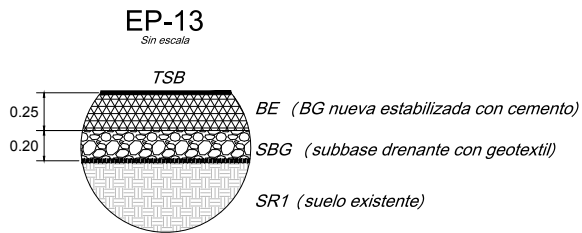
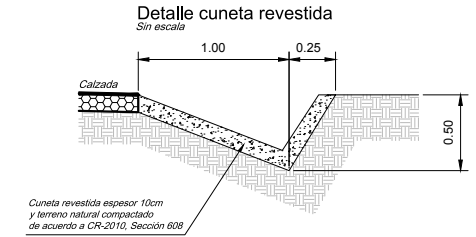
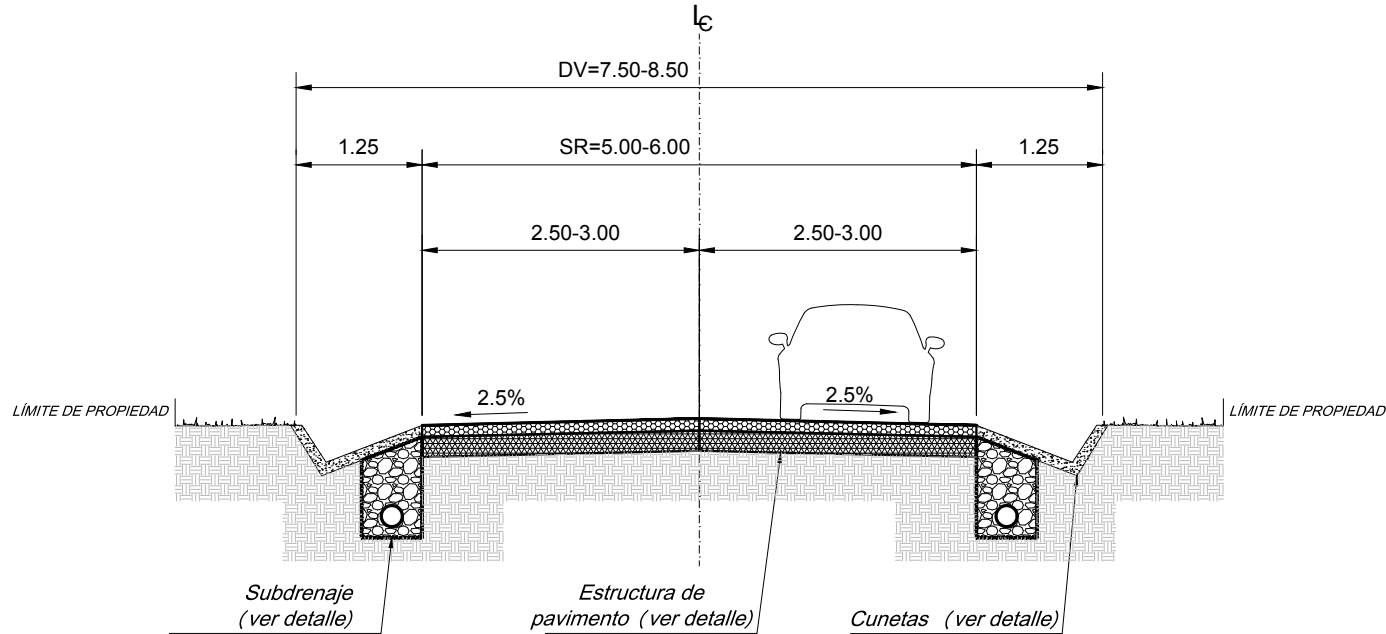
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



Camino San Isidro 6-01-037

Otras zonas con deformaciones (S9 y S10)

Distrito: Cobano

Cantón: Puntarenas

Provincia: Puntarenas



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Setiembre 2017