



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

ASESORÍA TÉCNICA PARA
REALIZACIÓN DE ESTUDIOS
PRELIMINARES Y RECOMENDACIÓN
DE INTERVENCIÓN PARA EL CAMINO
C1-016-017 RÍO SECO, CANTÓN DE
TURRUBARES

LM-PI-GM-INF-07-2016

PREPARADO POR
Ulate-Castillo, Alonso



programa de infraestructura
del transporte

PITRA

San José, Costa Rica
Diciembre, 2016

UGM

Unidad de
Gestión Municipal

ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA EL CAMINO C1-016-017 RÍO SECO, CANTÓN DE TURRUBARES

Ulate-Castillo Alonso ¹

1. Ingeniero Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR

Palabras Clave: Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño de pavimentos, Río Seco, Montelimar, Turrubares

Resumen: La Municipalidad de Turrubares solicitó la colaboración técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones de intervención para 7.9km del camino C1-016-017 ubicado en la localidad de Río Seco-Montelimar. Se realizó una inspección visual del camino, se midió el volumen vehicular, sondeos a cielo abierto, ensayos de DCP y muestreo de materiales existentes para ser caracterizados en el laboratorio. Se recomiendan dos opciones de intervención para la estructura de pavimento del camino, de manera que la UTGV de la municipalidad defina la intervención más adecuada a sus recursos técnicos y financieros. La Opción 1 incluye la colocación de una capa de base granular y un tratamiento superficial bituminoso como superficie de ruedo. La Opción 2 corresponde a la colocación de una capa de subbase granular con un sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento. Se definen cuatro tramos de acuerdo a los anchos de calzada y se aportan los diagramas de secciones transversales y estructuras de pavimento propuestas, así como recomendaciones acerca de la secuencia de intervención y especificaciones de referencia para los materiales nuevos a colocar. Los diseños recomendados son preliminares, por lo que la UTGV de la Municipalidad de Turrubares deberá valorar de acuerdo a su criterio técnico y presupuesto disponible el diseño final del proyecto, el cual se recomienda que cuente con los diagramas, planos y especificaciones técnicas correspondientes.

Referencias

1. 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.
2. 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.
3. 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>
4. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010.
5. 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.

TECHNICAL ASISTANCE ON PRELIMINARY STUDIES AND INTERVENTION RECOMMENDATIONS FOR THE ROAD C1-016-017 SECO RIVER, TURRUBARES TOWN

Ulate-Castillo Alonso ¹

1. Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR

Keywords: *Technical Assistance, preliminary studies, pavement design, Seco River, Montelimar, Turrubares*

Abstract: *The Municipality of Turrubares requested the technical collaboration of the LanammeUCR to carry out preliminary studies and intervention recommendations for 7.9km of the path C1-016-017 located in the town of Seco River-Montelimar. A visual inspection of the road was made, the vehicle volume was measured, open pit surveys, DCP tests and sampling of existing materials to be characterized in the laboratory. Two intervention options are recommended for the pavement structure of the road, so that the Road Management Technical Unit (UTGV) of the municipality defines the most adequate intervention to its technical and financial resources. Option 1 includes the placement of a granular base layer and a bituminous surface treatment as a rolling surface. Option 2 corresponds to the placement of a layer of granular subbase with an integrated seal with slow breaking asphalt emulsion. Four sections are defined according to road widths and the diagrams of proposed cross-sections and pavement structures are provided, as well as recommendations on the intervention sequence and specifications for the new materials to be placed. The recommended designs are preliminary, so that the UTGV of the Municipality of Turrubares should assess according to its technical criteria and available budget the final design of the project, which is recommended to have the corresponding diagrams, plans and technical specifications.*

References

1. 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.
2. 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.
3. 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>
4. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010.
5. 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.

Ulate-Castillo, A. (2016). *Asesoría técnica para la realización de los estudios preliminares y recomendaciones de intervención para el camino C1-016-017 Río Seco, cantón de Turrubares*. 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-07-2016

Asesoría técnica para realización de estudios preliminares y recomendación de intervención para el camino C1-016-017 Río Seco, Cantón de Turrubares.

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Diciembre, 2016

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



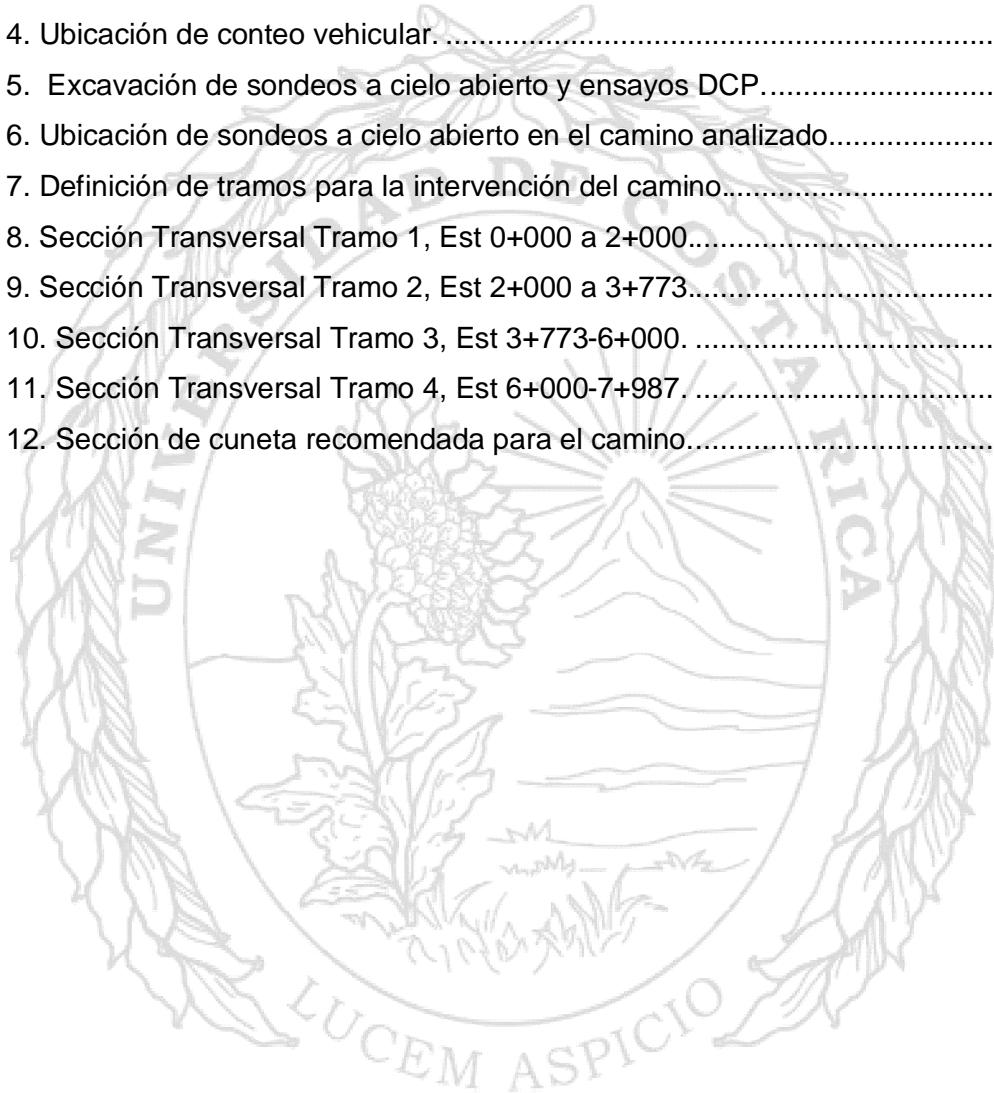
1. Informe LM-PI-GM-INF-07-2016		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN PARA EL CAMINO C1-016-017 RÍO SECO, CANTÓN DE TURRUBARES.		4. Fecha del Informe Diciembre, 2016
7. Organización y dirección Laboratorio 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 La Municipalidad de Turrubares solicitó la colaboración técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones de intervención para 7.9km del camino C1-016-017 ubicado en la localidad de Río Seco-Montelimar. Se realizó una inspección visual del camino, se midió el volumen vehicular, sondeos a cielo abierto, ensayos de DCP y muestreo de materiales existentes para ser caracterizados en el laboratorio. Se recomiendan dos opciones de intervención para la estructura de pavimento del camino, de manera que la UTGV de la municipalidad defina la intervención más adecuada a sus recursos técnicos y financieros. La Opción 1 incluye la colocación de una capa de base granular y un tratamiento superficial bituminoso como superficie de rueda. La Opción 2 corresponde a la colocación de una capa de subbase granular con un sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento. Se definen cuatro tramos de acuerdo a los anchos de calzada y se aportan los diagramas de secciones transversales y estructuras de pavimento propuestas, así como recomendaciones acerca de la secuencia de intervención y especificaciones de referencia para los materiales nuevos a colocar. Los diseños recomendados son preliminares, por lo que la UTGV de la Municipalidad de Turrubares deberá valorar de acuerdo a su criterio técnico y presupuesto disponible el diseño final del proyecto, el cual se recomienda que cuente con los diagramas, planos y especificaciones técnicas correspondientes.		
10. Palabras clave Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño de pavimentos, Río Seco, Montelimar, Turrubares	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 38
13. Preparado por:		
<p>Ing. Alonso Ulate Castillo Ingeniero Civil, UGM</p> <p>ALONSO JOSE ULATE CASTILLO (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por ALONSO JOSE ULATE CASTILLO (FIRMA) Fecha: 2016.12.15 12:58:41 -06'00'</p> <p>Fecha: / /</p>	<p>Fecha: / /</p>	<p>Fecha: / /</p>
14. Revisado por:		
<p>Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR</p> <p>MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Fecha: 2016.12.15 15:25:34 -06'00'</p> <p>Fecha: / /</p>	<p>Fecha: / /</p>	<p>15. Aprobado por:</p> <p>Ing. Luis Guillermo Loría Salazar PhD., Coordinador General PITRA</p> <p>LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA) Nombre de reconocimiento (DN): serialNumber=CPF-01-0892-0218, sn=LORIA SALAZAR, givenName=LUIS GUILLERMO, c=CR, o=PERSONA FISICA, ou=CIUDADANO, cn=LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA) Fecha: 2017.01.09 13:42:26 -06'00'</p> <p>Fecha: / /</p>

Índice

1. Introducción.....	6
2. Ubicación.....	6
3. Alcance.....	7
4. Limitaciones.....	8
5. Metodología.....	9
6. Ensayos realizados y resultados.....	10
6.1 Conteo vehicular y cargas de tránsito (ESAL)	10
6.3 Sondeos a cielo abierto.....	13
6.4 CBR en sitio y definición de tramos.....	15
6.4 Caracterización de suelos y materiales existentes.....	17
7. Recomendaciones para intervención del camino.....	20
7.1 Diseño de pavimentos	20
7.2 Verificación de desempeño.....	25
7.3 Estructuras de pavimento recomendadas.....	27
7.3 Secciones transversales.....	29
7.4 Proceso de intervención recomendada.....	32
8. Conclusiones.....	34
9. Recomendaciones generales.....	35
10. Referencias bibliográficas	36
11. Anexos.....	37

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del camino C1-016-017 de Río Seco, Turrubares.....	6
Figura 2. Esquema metodológico.....	10
Figura 3. Instalación de contador vehicular automático en el camino.....	10
Figura 4. Ubicación de conteo vehicular.	11
Figura 5. Excavación de sondeos a cielo abierto y ensayos DCP.....	13
Figura 6. Ubicación de sondeos a cielo abierto en el camino analizado.....	14
Figura 7. Definición de tramos para la intervención del camino.....	29
Figura 8. Sección Transversal Tramo 1, Est 0+000 a 2+000.....	30
Figura 9. Sección Transversal Tramo 2, Est 2+000 a 3+773.....	30
Figura 10. Sección Transversal Tramo 3, Est 3+773-6+000.	31
Figura 11. Sección Transversal Tramo 4, Est 6+000-7+987.	31
Figura 12. Sección de cuneta recomendada para el camino.....	32



Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación vehicular de 13 categorías de la FHWA.	11
Tabla 2. Resultados de Conteo vehicular en RN.320.....	12
Tabla 3. Factores camión utilizados para el cálculo de los ESAL de diseño.	12
Tabla 4. Cargas vehiculares estimadas.	12
Tabla 5. Resumen de las muestras de grava y suelo.....	15
Tabla 6. Resumen de capas del pavimento existente encontradas en los sondeos.....	15
Tabla 7. Definición de tramos de acuerdo a espesores y CBR en sitio promedio.....	16
Tabla 8. Resumen de resultados de ensayos de granulometría realizados a los suelos..	17
Tabla 9. Resumen de resultados de ensayos de plasticidad realizados a los suelos.....	17
Tabla 10. Clasificación de los suelos existentes.	18
Tabla 11. Evaluación de materiales granulares existentes como subbase granular.....	18
Tabla 12. Evaluación de materiales granulares existentes como base granular.....	19
Tabla 13. Variables de entrada para diseño AASHTO 93.	21
Tabla 14. Especificaciones generales de los materiales utilizados en el diseño.....	22
Tabla 15. Cálculo de espesores de pavimento Opción 1 (BG-TSB).....	23
Tabla 16. Cálculo de espesores de pavimento Opción 2 (SBG-SE).....	24
Tabla 17. Evaluación de desempeño ante deformación permanente.....	25
Tabla 18. Evaluación de desempeño ante deformación permanente.....	26
Tabla 19. Estructuras de pavimento para la Opción 1 (BG-TSB)	27
Tabla 20. Estructuras de pavimento para la Opción 2 (SBG-Sello Asfáltico).....	28

1. Introducción

La Municipalidad de Turrubares solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para realizar los estudios preliminares y recomendaciones de intervención para el camino C1-016-017 en el distrito de Carara, localidad de Río Seco y Mata de Plátano.

La Unidad de Gestión Municipal del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR realizó los trabajos de asesoría solicitados por la municipalidad, cuyos resultados se presentan en este informe.

Los resultados de esta asesoría servirán de insumo a la Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGV) de la Municipalidad de Turrubares para realizar las gestiones financieras y formulación técnica final del proyecto de mejoramiento de la vía indicada.

2. Ubicación

El estudio se ubicó en el camino C1-016-017 en Río Seco, distrito Carara, cantón de Turrubares de la provincia de San José como se indica en la Figura 1.

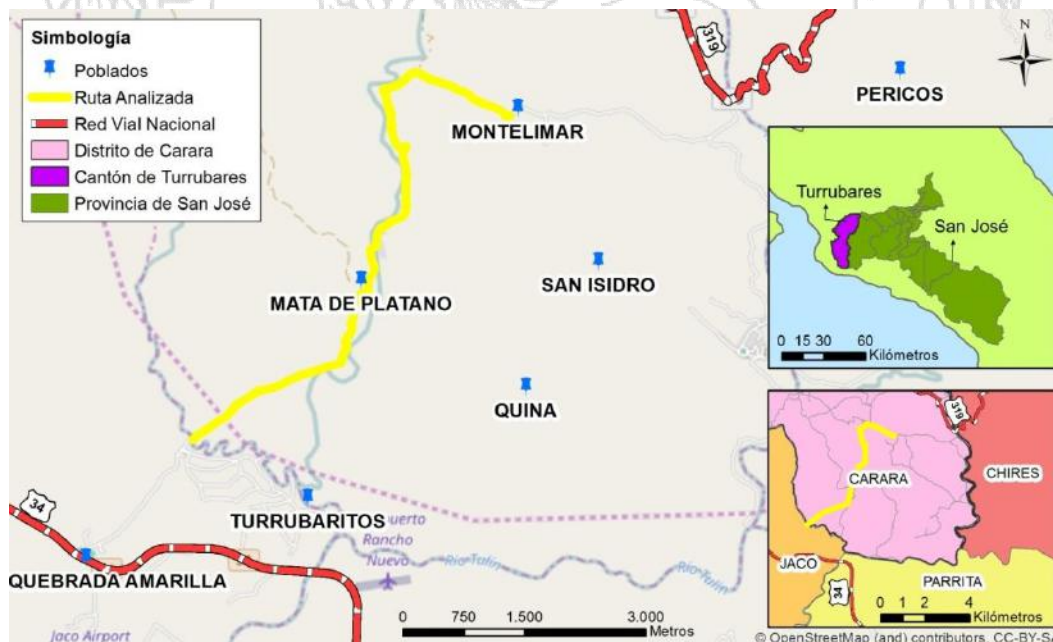


Figura 1. Ubicación del camino C1-016-017 de Río Seco, Turrubares.

3. Alcance

- El estudio se realizó en el camino cantonal código C1-016-017, específicamente en un tramo de 7.9 km de acuerdo a lo mostrado en la Figura 1.
- La ubicación, cantidad y tipo de pruebas de campo, muestreo de materiales y los ensayos de laboratorio realizados fueron definidos por la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR en conjunto con la UTGV de la Municipalidad de Turubares.
- Las pruebas de campo y ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo las normas y procedimientos ASTM o AASHTO aplicables a cada caso como se indica en cada uno de los informes adjuntos.
- Las soluciones propuestas son aplicables exclusivamente para la zona de estudio indicada en la ubicación de este informe.
- Este estudio contiene las recomendaciones del LanammeUCR acerca de las condiciones y especificaciones mínimas requeridas para la intervención de las vías indicadas, sin embargo se recomienda realizar un diseño final que incluya planos constructivos y especificaciones técnicas detalladas para la ejecución del proyecto.
- Las soluciones propuestas se ajustan al conteo vehicular realizado y características de los materiales existentes encontrados en el sitio, resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados, así como a las especificaciones de los materiales nuevos que se indica colocar.
- Se asume que luego de planteado el diseño final, 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 para que se cumplan los supuesto realizados en la etapa de diseño.

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.
- Los conteos vehiculares, ensayos de campo y el muestreo de materiales para analizar en el laboratorio se realizaron entre agosto y setiembre de 2016, por lo tanto los resultados de estos ensayos podrían reflejar condiciones propias de la época.
- 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 y el software *mePADS* que utiliza el Método Sudafricano. 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 secciones transversales propuestas corresponden a recomendaciones acerca de las dimensiones mínimas requeridas en el camino en cuanto a la superficie de ruedo y cunetas. Esto deberá ser revisado y confirmado por parte de la UTGV de la Municipalidad de Turrubares de acuerdo su registro vial, topografía del sitio y demás condiciones particulares que considere necesarias.

5. Metodología

El estudio se llevó a cabo siguiendo una secuencia lógica de tres etapas: (a) recolección de información de campo, luego (b) procesamiento de datos de campo, ensayos de laboratorio y análisis de resultados, para finalizar con (c) elaboración de la solución propuesta. La recolección de información de campo fue realizada por personal profesional y técnico del LanammeUCR, quien efectuó las visitas al sitio en conjunto con la UTGV de la Municipalidad de Turrubares.

El trabajo de campo comprendió la realización de un conteo vehicular por medio de equipo automático. Se excavaron sondeos a cielo abierto para medir espesores, tomar muestras de los materiales de las estructuras de pavimento para ser caracterizados en laboratorio y se realizaron ensayos con el Cono de Penetración Dinámico (DCP, por sus siglas en inglés) para medir la capacidad de soporte CBR en sitio.

Se realizaron los ensayos de laboratorio para las muestras de suelos y materiales granulares existentes en la vía. Luego se procesaron los datos, tanto de los ensayos de campo como de laboratorio para clasificación de los suelos y materiales granulares existentes, así como para determinar su aporte en cuanto a capacidad de soporte CBR en sitio. Además, se calculó el tránsito vehicular y se estimaron las cargas vehiculares ESALs para diseño de pavimentos.

Se utilizó la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 93 para estimar el aporte estructural del suelo y capas de material granular existente. Además, se presentan secciones transversales que, de manera esquemática, pretenden orientar acerca de elementos a tomar en cuenta durante la ejecución de las obras de construcción de acuerdo a las condiciones observadas en el sitio. La Figura 2 muestra el esquema que resume la metodología aplicada al estudio realizado en el camino C1-016-017 Río Seco, Turrubares.

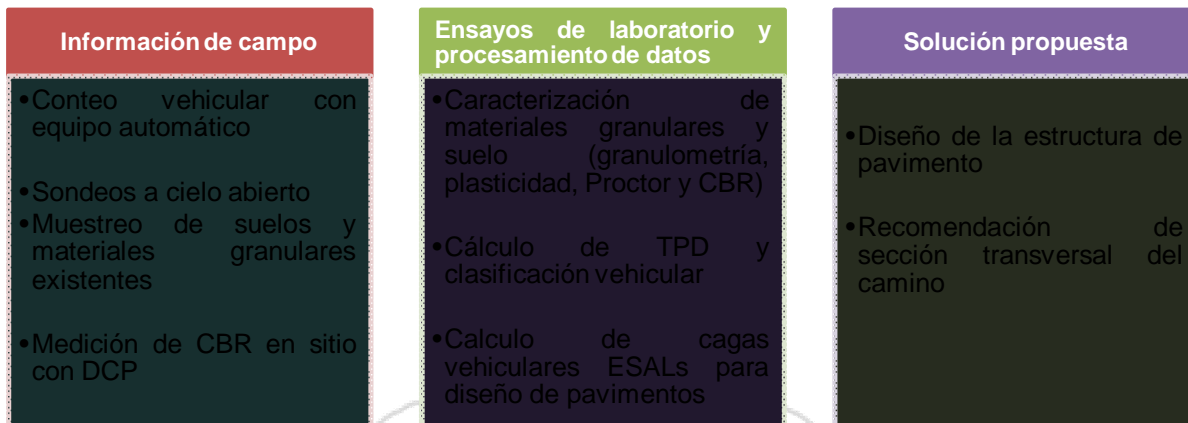


Figura 2. Esquema metodológico.

6. Ensayos realizados y resultados

Las actividades realizadas para la recolección de información de campo fueron las siguientes: conteo vehicular, sondeos a cielo abierto con medición de espesores de estructuras de pavimento existente, medición de CBR en sitio con DCP, caracterización visual, muestreo de suelo y materiales granulares. Luego se procesó la información y se realizaron ensayos de laboratorio para obtener los resultados que se detallan a continuación.

6.1 Conteo vehicular y cargas de tránsito (ESAL)

Se realizó un conteo vehicular por medio de equipo automático en el camino, durante los días hábiles del 10 al 12 de agosto 2016 como se muestra en la Figura 3. La ubicación del punto de conteo se observa en la Figura 4.



Figura 3. Instalación de contador vehicular automático en el camino.

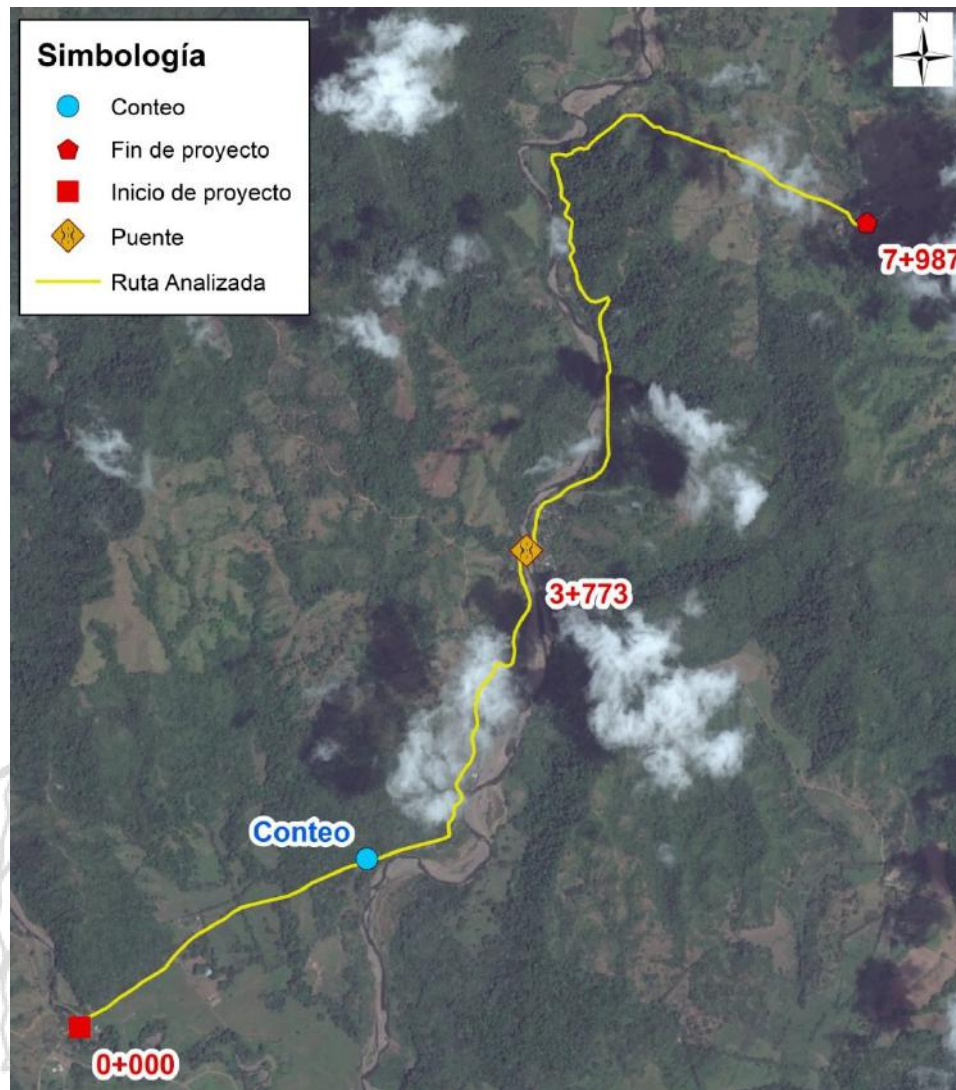


Figura 4. Ubicación de conteo vehicular.

El conteo vehicular se clasificó en las cinco categorías que se indican en la Tabla 1. Los resultados del conteo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Clasificación vehicular de 13 categorías de la FHWA.

Clase	Tipo de vehículo
1	Motos y bicicletas
2	Livianos y pick-up
3	Camiones C2 y C2+
4	Camiones C3, C4 y Buses
5	Camiones T3-S2 y otros

Tabla 2. Resultados de Conteo vehicular en RN.320.

Fecha	Clases					Total
	1	2	3	4	5	
Miércoles 10 de agosto de 2016	36	176	13	20	8	253
	14.2%	69.6%	5.1%	7.9%	3.2%	
Jueves 11 de agosto de 2016	44	208	20	22	5	299
	17.4%	82.2%	7.9%	8.7%	2.0%	
Viernes 12 de agosto de 2016	69	192	16	15	4	296
	27.3%	75.9%	6.3%	5.9%	1.6%	
Promedio	50	192	16	19	6	283
	17.6%	67.9%	5.8%	6.7%	2.0%	

Se definió como Tránsito Promedio Diario (TPD) al promedio de los tres días para los cuales se cuenta con información de volumen vehicular. El TPD a utilizar para el diseño de pavimentos se definió entonces como 283 vehículos/ día con la clasificación vehicular promedio indicada en la Tabla 2.

Luego se procedió a estimar las cargas vehiculares a las cuales es sometida la estructura de pavimento del camino (ESAL de diseño) proyectado a 10, 15 y 20 años. Los factores camión (FC) asignados a la RN.27 de acuerdo a lo indicado 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, los cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores camión utilizados para el cálculo de los ESAL de diseño.

Clase	1	2	3	4
Tipo de vehículo	Buses de 2 y 3 ejes	Camiones C2 y C2+	Camiones C3	Camiones C4, T3-S2 y otros
Factor Camión	1.957	1.163	3.155	2.695

Tabla 4. Cargas vehiculares estimadas.

TPD	ESAL diseño		
	10 años	15 años	20 años
283	156 556	261 101	388 297

6.3 Sondeos a cielo abierto

Se realizaron siete calicatas o sondeos a cielo abierto en el camino indicado entre el 26 y 27 de setiembre de 2016. Las calicatas se realizaron 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 pavimento 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 Figura 5 muestra el momento de realización de los sondeos.

La ubicación de los de los siete sondeos fue en los estacionamientos 0+556, 1+500, 2+500, 3+565, 4+616, 5+633 y 6+642 de acuerdo a lo mostrado en la Figura 6. La Tabla 5 resume las muestras de suelo o material granular que se recolectaron en el sitio para ser caracterizadas en el laboratorio y evaluar sus propiedades físicas como materiales para estructura de pavimento.



Figura 5. Excavación de sondeos a cielo abierto y ensayos DCP.

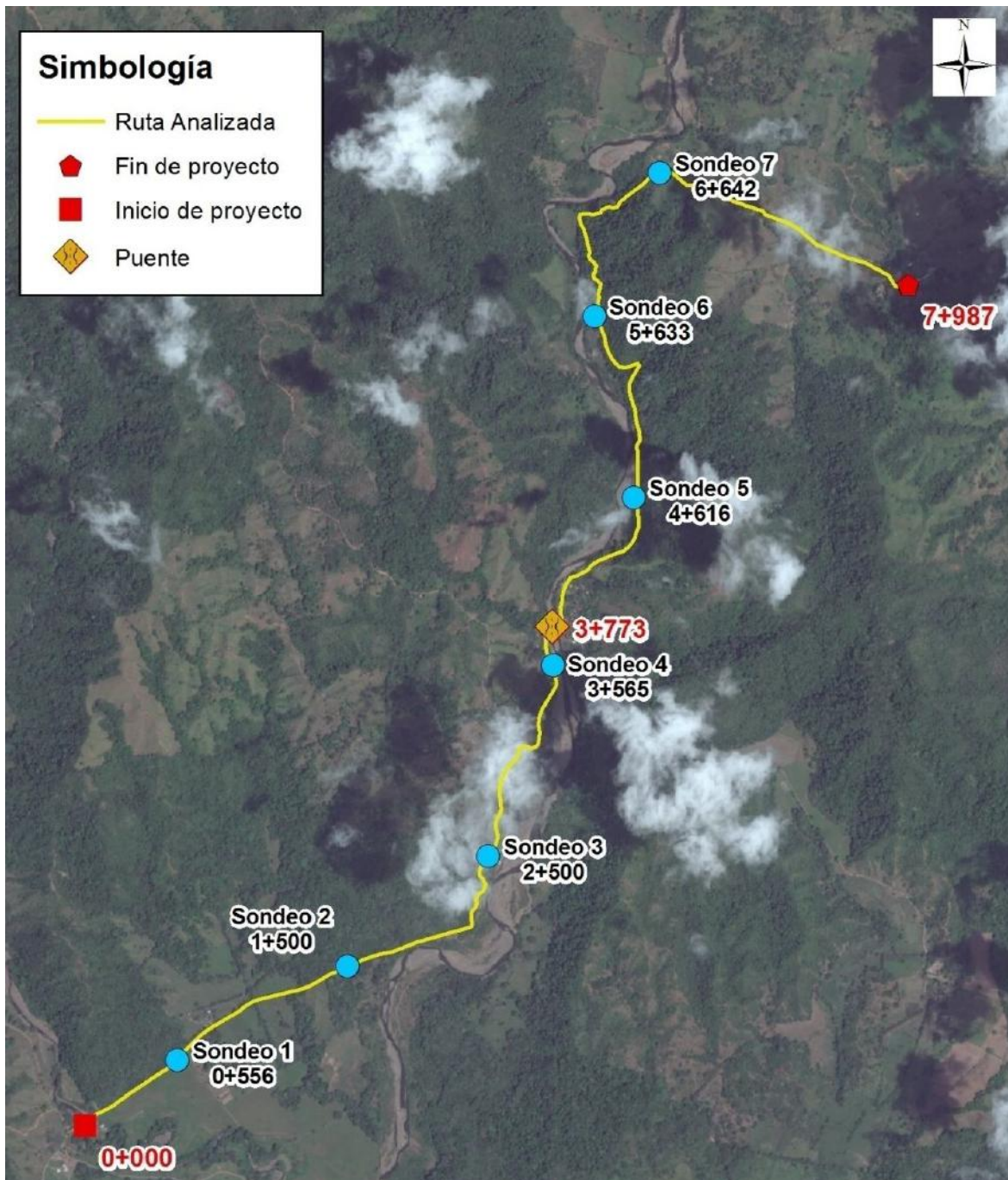


Figura 6. Ubicación de sondeos a cielo abierto en el camino analizado.

Durante el proceso de excavación de los sondeos a cielo abierto se encontraron diferentes capas de materiales granulares y suelo de subrasante de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5. Además se adjuntan los formularios de registro de los sondeos en el Anexo 1 con la información detallada.

Tabla 5. Resumen de las muestras de grava y suelo.

Sondeo	Est	Materiales muestreados	Número de muestra asociado
1	0+556	Material granular existente (capa de rodadura) similar a S3	2373-16
		Suelo (subrasante)	2375-16
2	1+500	Material granular similar a S1 y S3	2375-16 y 2376-16
3	2+500	Material granular existente (capa de rodadura) similar a S1	2374-16
		Suelo (subrasante)	2376-16
4	3+565	Material granular existente	2372-16
5	4+616	Material granular similar a S4	2372-16
6	5+633	Material granular similar a S4	2372-16
7	6+642	Material granular similar a S4	2372-16

6.4 CBR en sitio y definición de tramos.

Se realizaron ensayos de DCP en cada uno de los puntos de sondeo y los resultados de CBR en sitio se muestran en los gráficos del Anexo 2. De acuerdo a lo observado durante la excavación de los sondeos y los ensayos de DCP se identificaron cinco capas de materiales existentes cuya descripción se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de capas del pavimento existente encontradas en los sondeos.

Capa de material	Descripción
CGR	Capa de material granular de rodadura combinado con suelo
RE1	Material granular de relleno combinado con suelo (primera capa)
RE2	Material granular de relleno combinado con suelo (segunda capa)
SR1	Suelo de subrasante (primera capa)
SR2	Suelo de subrasante (segunda capa)

Luego de analizar el resultado de los ensayos de DCP, se procedió a asignar valores de CBR en sitio promedio para cada una de las capas de materiales existentes identificadas en cada sondeo, como se observa en las tablas del Anexo 3. Estos datos se utilizaron para elaborar la Tabla 7, la cual resume los espesores y CBR en sitio promedio encontrados a lo largo del camino.

Tabla 7. Definición de tramos de acuerdo a espesores y CBR en sitio promedio.

Est	Longitud (m)	Datos	Capas de materiales y suelo existentes				
			CGR	RE1	RE2	SR1	SR2
0+000 a 2+000	2000	Espesor (cm)	15	35	-	35	>70
		CBR promedio	68%	78%	-	9%	3%
2+000 a 3+000	1000	Espesor (cm)	15	-	-	30	>45
		CBR promedio	29%	-	-	12%	12%
3+000 a 3+773 (puente)	773	Espesor (cm)	30	30	-	85	>50
		CBR promedio	49%	45%	-	34%	19%
3+773 (puente) a 5+000	1227	Espesor (cm)	15	-	-	40	>30
		CBR promedio	13%	-	-	7%	9%
5+000 a 6+000	1000	Espesor (cm)	10	20	25	<30	-
		CBR promedio	37%	88%	107%	48%	-
6+000 a 7+987	1987	Espesor (cm)	20	-	-	20	>45
		CBR promedio	23%	-	-	14%	9%

6.4 Caracterización de suelos y materiales existentes

Las muestras que se tomaron de los materiales granulares y suelo existentes fueron analizados en el laboratorio por medio de varios ensayos para evaluar sus características físicas como materiales para las estructuras de pavimento. Los ensayos realizados fueron: Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor y CBR de laboratorio. Los resultados se detallan en el informe de laboratorio I-1479-16 que se encuentran en el Anexo 4.

Las Tablas 8 y 9 muestran los datos de análisis granulométrico y plasticidad respectivamente. Con esto se procedió a clasificar los suelos según la metodología del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO cuyos resultados se muestran en la Tabla 10. Las Tablas 11 y 12 muestran la comparación de granulometría con las bases y subbases, según especificaciones del CR-2010.

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

Sondeo	Material	Porcentaje Pasando				FG	FS	CF
		N°4	N°10	N°40	N°200	(% grava)	(% arena)	(% finos)
1	Granular	96.7	93.2	76.4	56.0	7.5	92.5	56.0
	Suelo subrasante	53.0	41.0	22.0	11.0	52.8	47.2	11.0
3	Granular	96.7	93.2	76.4	56.0	7.5	92.5	56.0
	Suelo subrasante	99.4	99.1	96.5	50.2	1.2	98.8	50.2
4	Granular	62.0	48.0	28.0	16.0	45.2	54.8	16.0

Tabla 9. Resumen de resultados de ensayos de plasticidad realizados a los suelos.

Sondeo	Material	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de plasticidad	Especificación CR-2010
1	Granular	26	19	7	Base granular IP=4-9 Subbase IP=4-10 LL<35
	Suelo subrasante	54	31	23	
3	Granular	26	19	7	
	Suelo subrasante	46	30	16	
4	Granular	25	20	5	

Tabla 10. Clasificación de los suelos existentes.

Sondeo	Material	SUCS	AASHTO	Descripción
1	Granular	GW-GM	A-2-6 (0)	Grava bien graduada con limo y arena
	Suelo subrasante	MH	A-7-5 (11)	Limo elástico arenoso
3	Granular	GW-GM	A-2-6 (0)	Grava bien graduada con limo y arena
	Suelo subrasante	ML	A-7-6 (6)	Limo arenoso con grava
4	Granular	GM	A-1-b (0)	Grava limosa con arena

Tabla 11. Evaluación de materiales granulares existentes como subbase granular.

Abertura de malla	% por peso pasando				Comentario
	Subbase A	Subbase B	S1 y S3	S4	
63mm	100	-	100	98	<p>-El material granular analizado en el laboratorio para ambos sondeos muestra características generales de granulometría similares a las Subbase graduación A y B indicadas en la especificación del CR-2010.</p> <p>-Se identifica que el material de S4 tiene partículas de tamaño mayor a 63mm e incumple Subbase A.</p> <p>-El material de S1 y S3 no cumple con la fracción de 37.5mm.</p> <p>-En ambos casos se tiene mayor cantidad de material pasando la malla de 25mm, 12,5mm y 0.425mm que lo requerido en la especificación para Subbase A.</p> <p>-En ambos casos se cumple con la fracción de finos para ambas especificaciones de Subbase.</p> <p>-En ambos casos los materiales se parecen más a la especificación indicada para Subbase B.</p>
50mm	97-100	100	96	-	
37,5mm	-	97-100	90	97	
25mm	65-79 (6)	-	86	92	
19mm	-	-	80	88	
12,5mm	45-59(7)	-	72	82	
9,5mm	-	-	66	75	
4,75mm	28-42(6)	40-60(8)	53	62	
0,425mm	9-17(4)	-	22	28	
0,075mm	4-8(3)	4-12(4)	11	16	

Tabla 12. Evaluación de materiales granulares existentes como base granular.

Abertura de malla	% por peso pasando					Cumplimiento de especificación
	Base C	Base D	Base E	S1 y S3	S4	
63mm	-	-	-	100	98	<p>-Al comparar con la especificación del CR-2010 de bases, la granulometría de los materiales granulares encontrados en los sondeos se parecen más a la Base C.</p> <p>-Los materiales analizados no cumplen con el tamaño máximo indicado para las mallas 25mm y 19mm para la Base D y E respectivamente.</p> <p>-El material del S4 contiene mayor cantidad de finos que lo indicado para la malla 0,075mm de las tres especificaciones de Base.</p>
50mm	100	-	-	96	-	
37,5mm	-	-	-	90	97	
25mm	80-100 (6)	100	-	86	92	
19mm	64-94 (6)	86-100 (6)	100	80	88	
12,5mm	-	-	-	72	82	
9,5mm	-	51-82 (6)	62-90 (6)	66	75	
4,75mm	40-69 (6)	36-64 (6)	46-74 (7)	53	62	
0,425mm	31-54 (4)	12-26 (4)	12-26 (4)	22	28	
0,075mm	4-7 (3)	4-7 (3)	4-7 (3)	11	16	

La clasificación realizada por medio de SUCS y AASHTO que se muestra en la Tabla 10, indica que los suelos analizados corresponden a limos arenosos de mediana a alta plasticidad, cuya capacidad de soporte podría ser susceptible al contenido de humedad. Además, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 9 los materiales granulares analizados para ambos sondeos presentan límite líquido e índice de plasticidad dentro de los rangos recomendados por el CR-2010 para capas de base y subbase granular.

De acuerdo al análisis de granulometría del laboratorio y la comparación mostrada en las Tablas 11 y 12, los materiales tienen características de granulometría y plasticidad similares a lo especificado por el CR-2010 para subbases granulares.

Se realizó el ensayo de Proctor Modificado y CBR de laboratorio para las muestras de material granular. Los resultados obtenidos en estos ensayos indican que los materiales granulares existentes presentan valores de CBR de laboratorio que pueden variar entre de entre 59.4% y 73% al 95% de Próctor Modificado. La capacidad de soporte obtenida para los materiales existentes, permite estimar que cumplen como subbase granular, para los cuales se especifica $CBR \geq 30$ en el CR-2010, pero no se ajustan al requerimiento de base granular que es de $CBR \geq 80$ al 95% de Próctor Modificado.

Se considera que los materiales encontrados en los sondeos, tienen buenas características para ser conservados en el sitio como relleno y plataforma de apoyo para la nueva estructura de pavimento. Además, presentan buenas características para ser estabilizados ya sea con cemento o emulsión asfáltica de rompimiento lento.

7. Recomendaciones para intervención del camino

Luego del análisis de datos se procedió a plantear las recomendaciones de intervención para la sección de 7,9 km analizada del camino C1-016-017 de Río Seco. Las recomendaciones de intervención corresponden a diseños preliminares, por lo tanto la UTGV de la Municipalidad de Turubares deberá valorarlas para definir finalmente, el diseño definitivo del proyecto de acuerdo con su criterio técnico y presupuesto disponible.

7.1 Diseño de pavimentos

Se utilizó la Metodología AASHTO 93 para determinar de manera inicial, el aporte de los suelos y materiales granulares existentes, así como el espesor de las capas de materiales nuevos que se requiere incorporar a la estructura de pavimento, esto de acuerdo a las solicitudes de tránsito indicadas en las Tablas 2 y 4. Los datos de entrada utilizados en el diseño de pavimentos bajo la metodología AASHTO 93 y la estimación del número estructural requerido SN_{req} para cada sección del camino, se resumen en la Tabla 13. Se

definió como período de diseño 10 años, debido a que el camino corresponde a una ruta de acceso de bajo tránsito, ubicada en una zona rural montañosa.

Tabla 13. Variables de entrada para diseño AASHTO 93.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor				
Período de Diseño	PD	10 años				
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	156 556				
Confiabilidad	R	50%				
Desviación normal estándar	Z_R	-0,841				
Desviación estándar global	S_0	0,50				
Índice de servicio inicial	p_0	4,2				
Índice de servicio al final	p_t	2,5				
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7				
Estimación de número estructural requerido SN_{req}						
Sección	0+000 a 2+000	2+000 a 3+000	3+000 a 3+773	3+773 a 5+000	5+000 a 6+000	6+000 a 7+987
CBR en sitio subrasante	3 %	12.4 %	33.8 %	8.9 %	47.5 %	9.1 %
Mr subrasante (psi/MPa)	4500 / 31	15412 / 106	15471 / 107	12423 / 86	16943 / 117	12604 / 87
SN_{req}	2.5	1.53	1.53	1.67	1.47	1.66
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%		$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$			

Se plantean dos opciones para la intervención del camino, de manera que la UTGV de la Municipalidad evalué sus posibilidades de acuerdo los recursos técnicos y financieros disponibles:

- Opción 1 (BG y TSB): colocación de una capa de base granular (BG) de espesor variable (10-12 cm) y tratamiento superficial bituminoso (TSB) como superficie de ruedo. El cálculo de espesores se muestra en la Tabla 15. Se debe indicar que

esta propuesta no especifica si el TSB es simple, doble o triple, ya que esto deberá ser definido por la UTGV de la municipalidad de acuerdo a los recursos técnicos y financieros disponibles así como a las capacidades de gestión en cuanto al mantenimiento de la superficie.

- Opción 2 (SBG-SE): colocación de material granular tipo subbase (SBG) en espesor variable (10-20 cm) y estabilización parcial (5 cm) con emulsión asfáltica de rompimiento lento. El cálculo de espesores se muestra en la Tabla 16.

En las Tablas 15 y 16 se muestra la estimación de espesores para la estructura de pavimento para la Opción 1 y 2 respectivamente. En estas tablas se muestra el cálculo realizado para cada sección del camino de acuerdo a la metodología AASHTO 93, con los coeficientes estructurales a_i , módulos resilientes, coeficientes de drenaje m_i , espesor en cm y número estructural de diseño $SN_{\text{diseño}}$.

Las características y especificaciones generales de los materiales nuevos considerados en el diseño 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 • CBR=80 min • Compactación 95% de PM (AASHTO T180) • Límite Líquido 35 max • Índice de plasticidad 4-9
SBG	Subbase granular	<ul style="list-style-type: none"> • Subbase granular graduación B • CBR=30 min • Compactación 95% de PM (AASHTO T180) • Límite Líquido 35 max • Índice de plasticidad 4-10
SE	Sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento	<ul style="list-style-type: none"> • Sello integrado con emulsión de rompimiento lento tipo CSS-1h. • Estabilización parcial en sitio para un espesor de 5cm del material granular utilizado, ya sea BG o SBG. • Dosificación a definir por medio de diseño de mezcla elaborado en laboratorio. • Aplicar riego superficial final para impermeabilizar la superficie de 1-1.5 l/m² con gravilla.

Tabla 15. Cálculo de espesores de pavimento Opción 1 (BG-TSB).

Sección	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
Sección 1 0+000 a 2+000	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	12	0.64
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57
	RE1	Existente	0.130	19100 / 132	0.8	35	1.43
	SR1	Existente	0.070	12514 / 86	0.8	35	0.77
	SR2	Existente	-	4500 / 31	-	-	-
Total						85	3.41
SN requerido							2.50
Sección 2 2+000 a 3+000	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	10	0.43
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57
	SR1	Existente	0.090	15412 / 106	0.8	30	0.85
	SR2	Existente	-	15412 / 106	-	-	-
	Total						55
SN requerido							1.53
Sección 3 3+000 a 3+773	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	10	0.43
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	30	1.14
	RE1	Existente	0.122	16700 / 115	0.8	30	1.15
	SR1	Existente	-	15417 / 107	-	-	-
	Total						75
SN requerido							1.53
Sección 4 3+773 a 5+000	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	10	0.43
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57
	SR1	Existente	0.070	10900 / 75	0.8	40	0.97
	SR2	Existente	-	12423 / 86	-	-	-
	Total						75
SN requerido							1.67
Sección 5 5+000 a 6+000	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	10	0.43
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 111	0.8	10	0.38
	RE1	Existente	0.135	19600 / 135	0.8	20	0.85
	RE2	Existente	0.141	20000 / 141	0.8	25	1.10
	SR1	Existente	-	16943 / 117	-	-	-
Total						75	2.76
SN requerido							1.47
Sección 6 6+000 A 7+987	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.135	28000 / 193	0.8	12	0.51
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	20	0.76
	SR1	Existente	0.090	16200 / 112	0.8	20	0.57
	SR2	Existente	-	12604 / 87	-	-	-
	Total						75
SN requerido							1.66

Tabla 16. Cálculo de espesores de pavimento Opción 2 (SBG-SE)

Sección	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño	
Sección 1 0+000 a 2+000	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	15	0.52	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57	
	RE1	Existente	0.130	19100 / 132	0.8	35	1.43	
	SR1	Existente	0.070	12514 / 86	0.8	35	0.77	
	SR2	Existente	-	4500 / 31	-	-	-	
						Total	85	3.30
						SN requerido	2.50	
Sección 2 2+000 a 3+000	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	20	0.69	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57	
	SR1	Existente	0.090	15412 / 106	0.8	30	0.85	
	SR2	Existente	-	15412 / 106	-	-	-	
							Total	55
						SN requerido	1.53	
Sección 3 3+000 a 3+773	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	10	0.35	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	30	1.14	
	RE1	Existente	0.122	16700 / 115	0.8	30	1.15	
	SR1	Existente	-	15417 / 107	-	-	-	
							Total	75
						SN requerido	1.53	
Sección 4 3+773 a 5+000	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	10	0.35	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	15	0.57	
	SR1	Existente	0.070	10900 / 75	0.8	40	0.97	
	SR2	Existente	-	12423 / 86	-	-	-	
							Total	75
						SN requerido	1.67	
Sección 5 5+000 a 6+000	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	10	0.35	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 111	0.8	10	0.38	
	RE1	Existente	0.135	19600 / 135	0.8	20	0.85	
	RE2	Existente	0.141	20000 / 141	0.8	25	1.10	
	SR1	Existente	-	16943 / 117	-	-	-	
						Total	75	2.68
						SN requerido	1.47	
Sección 6 6+000 A 7+987	Sello Asf.	Nuevo	-	-	-	-	-	
	BG	Nuevo	0.110	15 000 / 100	0.8	15	0.52	
	CGR	Rehabilitado	0.121	16200 / 112	0.8	20	0.76	
	SR1	Existente	0.090	16200 / 112	0.8	20	0.57	
	SR2	Existente	-	12604 / 87	-	-	-	
							Total	75
						SN requerido	1.66	

7.2 Verificación de desempeño

La estructura de pavimento diseñada por medio de la Metodología AASHTO 93 se evaluó por medio de criterios mecanístico-empíricos en cuanto a su desempeño proyectado. Se utilizaron dos metodologías diferentes para modelar las estructuras de pavimentos propuestas y obtener las respuestas mecánicas en cuanto a esfuerzos, deformaciones y deflexiones a diferentes profundidades desde la rasante, de acuerdo a lo siguiente:

- Opción 1 (TSB-BG): se aplicaron las verificaciones mecánico-empíricas recomendadas 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. Esto se realizó específicamente para evaluar la deformación permanente en los materiales granulares y suelo en pavimentos con cargas vehiculares menores a 3 millones de ESALs y un ahuellamiento permisible máximo de 25 mm. Lo anterior dado que se propone una estructura de pavimento con superficie de ruedo sin aporte estructural como es el TSB. La Tabla 17 muestra el resultado de la revisión por deformación permanente (ahuellamiento) para la estructura de pavimento propuesta en cada sección del camino.

**Tabla 17. Evaluación de desempeño ante deformación permanente
Opción 1 (BG-TSB).**

Sección	Ahuellamiento (mm)								Cumplimiento
	BG	CGR	RE1	RE2	SR1	SR2	Total	Criterio	
1	9.2	5.9	3.8	-	1.6	4.6	25.0	25.0	Si Cumple
2	6.0	8.3	-	-	5.3	3.9	23.5	25.0	Si Cumple
3	6.0	10.7	2.9	-	3.0	-	22.5	25.0	Si Cumple
4	5.8	8.1	-	-	6.4	4.0	24.4	25.0	Si Cumple
5	6.1	6.5	5.0	2.3	2.9	-	22.9	25.0	Si Cumple
6	7.3	8.3	-	-	3.0	4.8	23.4	25.0	Si Cumple

- Opción 2 (SBG-Sello Asfáltico):** se aplicó la verificación de desempeño indicada en el Método de Diseño Mecánico Sudafricano tomando como referencia lo indicado por (Department of Transport, Republic of South Africa, 1996) y (Erasmus-Liebennberg, 2003), por medio del software *mePADS* del *Council for Scientific and Industrial Research* (CSIR). Esta metodología permite obtener la vida útil del pavimento asociada a un mecanismo de falla, que en este caso se definió como la deformación permanente o ahuellamiento permisible máximo de 20 mm (máximo permitido por el software). Se utilizó esta metodología ya que incorpora funciones de transferencia para materiales estabilizados con emulsión asfáltica, como es el caso del sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento. La Tabla 18 muestra el resultado de la revisión por deformación permanente (ahuellamiento) para la estructura de pavimento propuesta en cada sección del camino.

Tabla 18. Evaluación de desempeño ante deformación permanente Opción 2 (SBG-Sello Asfáltico).

Sección	Vida del pavimento en miles ESAL (Ahuellamiento de 20 mm)								Cumplimiento	
	SE	SBG	CGR	RE1	RE2	SR1	SR2	Total		Criterio
1	1.0 e+12	2431	157.1	65160	-	1196.5		157.1	156.6	Si Cumple
2	1.0 e+15	751.9	173.5	-	-	210.0		173.5	156.6	Si Cumple
3	1.0 e+12	7029.6	167.0	3443.8	-	1.2 e+08		167.0	156.6	Si Cumple
4	1.0 e+12	7845.7	163.2	-	-	578.1	3.2e+07	163.2	156.6	Si Cumple
5	1.0 e+12	12545.1	218.1	1739.1		9.2 e+07		218.1	156.6	Si Cumple
6	1.0 e+12	1776.7	156.7	-	-	976.6	3.7e+05	156.7	156.6	Si Cumple

7.3 Estructuras de pavimento recomendadas

Luego de la estimación de espesores y verificación de desempeño, a continuación se presentan las estructuras de pavimento recomendadas para cada una de las secciones del camino. La Tabla 19 y 20 muestran las estructuras de pavimento para las opciones 1 y 2 respectivamente.

Tabla 19. Estructuras de pavimento para la Opción 1 (BG-TSB)

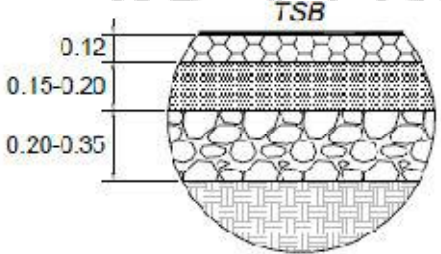
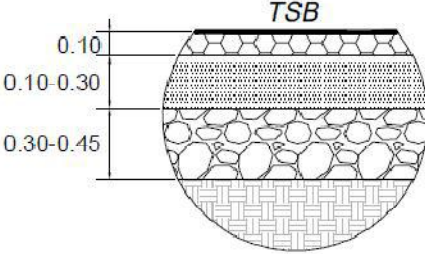
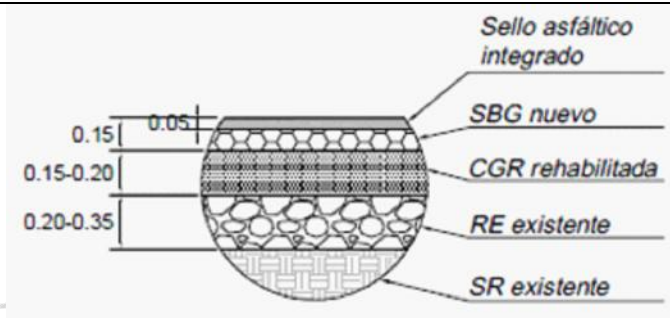
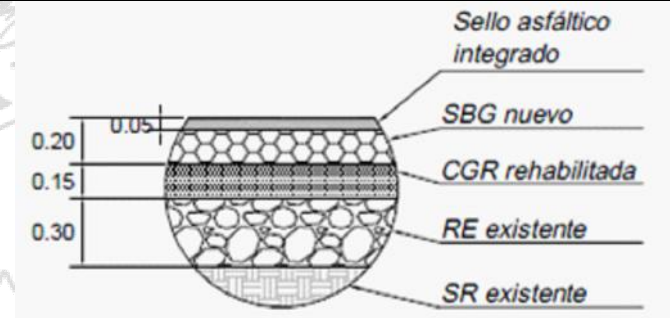
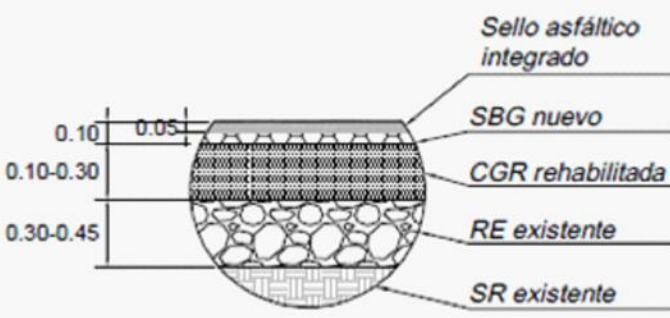
Designación	Sección	Estructura de pavimento
EP-1	0+000 a 2+000 6+000 a 7+987	 <p>TSB 0.12 0.15-0.20 0.20-0.35</p> <p><i>BG nuevo</i> <i>CGR rehabilitado</i> <i>RE existente</i> <i>SR existente</i></p>
EP-2	2+000 a 6+000	 <p>TSB 0.10 0.10-0.30 0.30-0.45</p> <p><i>BG nuevo</i> <i>CGR rehabilitado</i> <i>RE existente</i> <i>SR existente</i></p>

Tabla 20. Estructuras de pavimento para la Opción 2 (SBG-Sello Asfáltico)

Designación	Sección	Estructura de pavimento
EP-3	0+000 a 2+000 6+000 a 7+987	
EP-4	2+000 a 3+000	
EP-5	3+000 a 6+000	

7.3 Secciones transversales

Adicionalmente, se definieron cuatro tramos, de acuerdo a la información disponible acerca del ancho de calzada existente, como se muestra en el mapa de la Figura 7. Cada uno de estos tramos cuenta con una sección transversal asociada y una estructura de pavimento recomendada como se muestra en los diagramas del Anexo 5 y 6 para las opciones 1 y 2 de estructura de pavimento respectivamente.

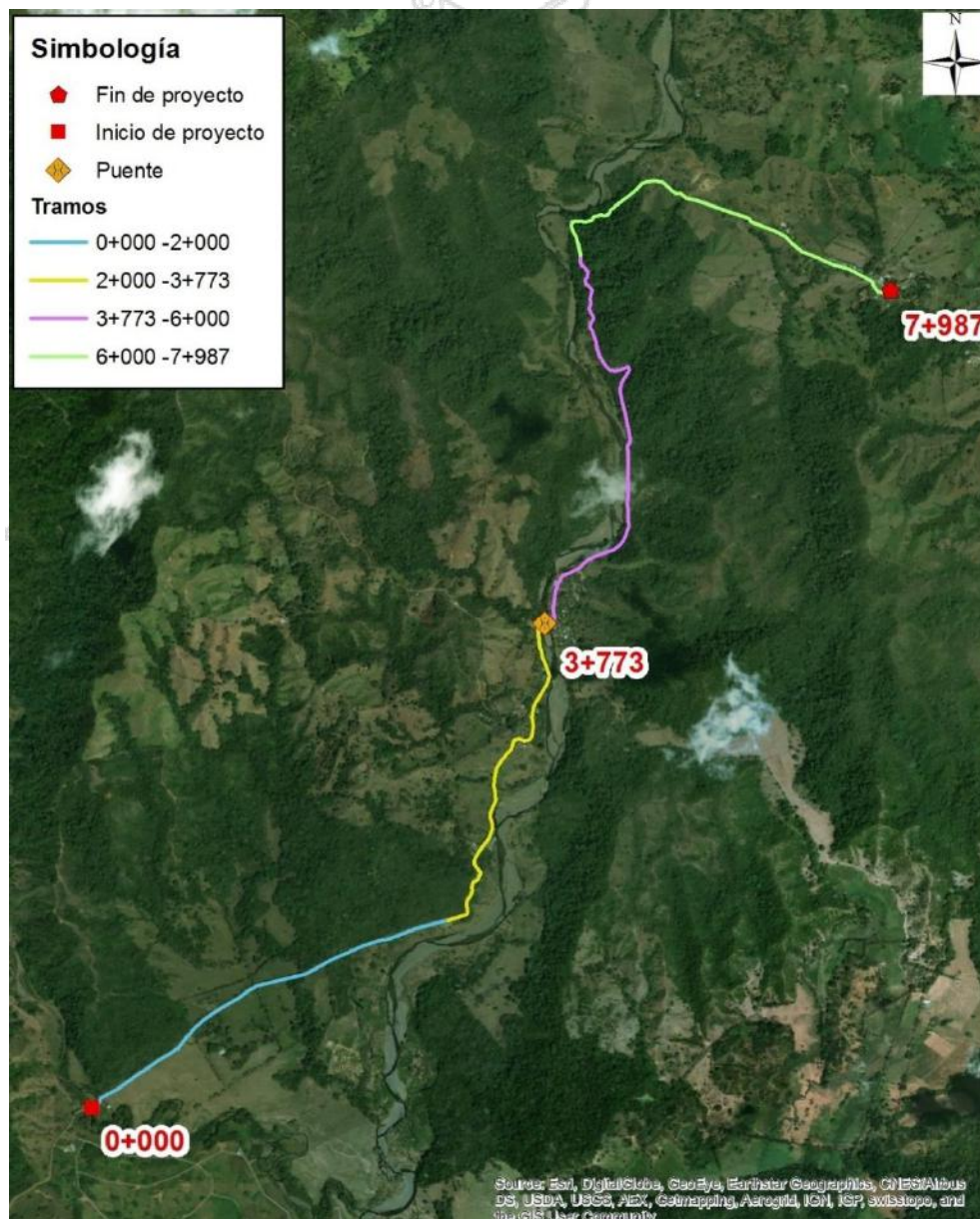


Figura 7. Definición de tramos para la intervención del camino.

Las secciones transversales propuestas para cada uno de los cuatro tramos se muestran de la Figura 8 a la 11. La sección mínima de cunetas recomendada se muestra en la Figura 12.

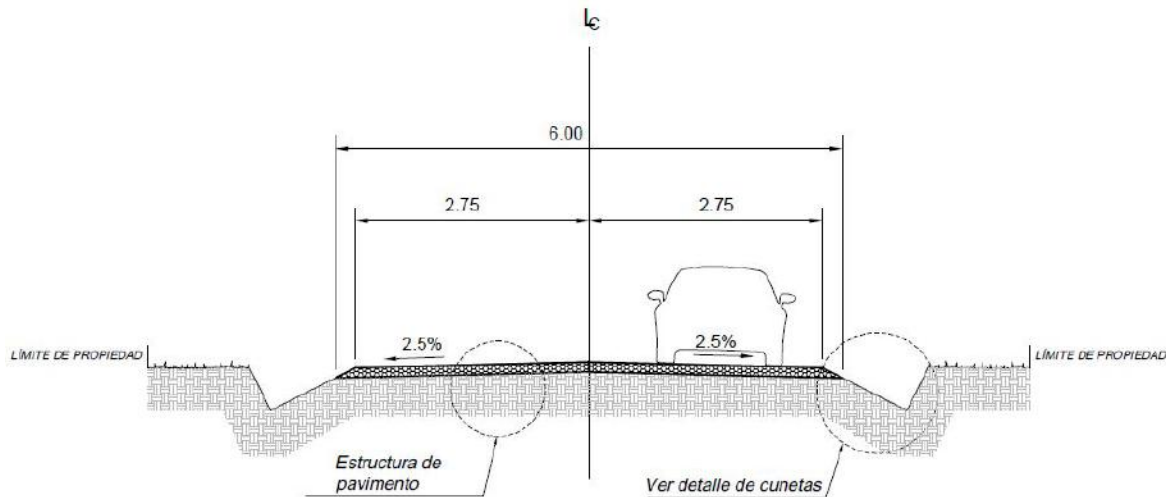


Figura 8. Sección Transversal Tramo 1, Est 0+000 a 2+000.

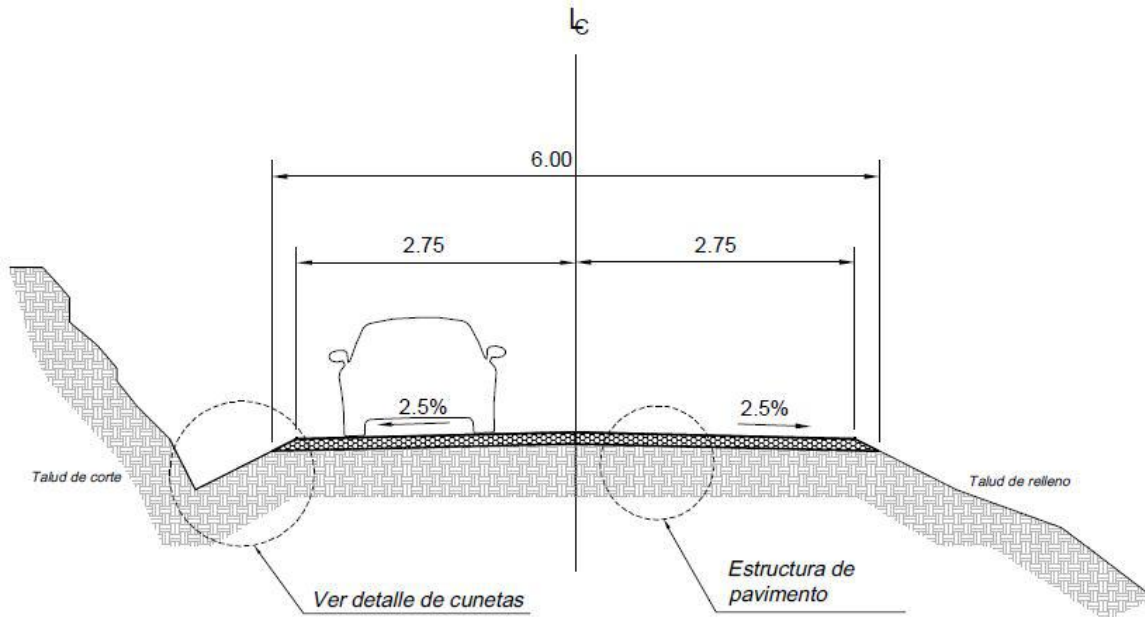


Figura 9. Sección Transversal Tramo 2, Est 2+000 a 3+773.

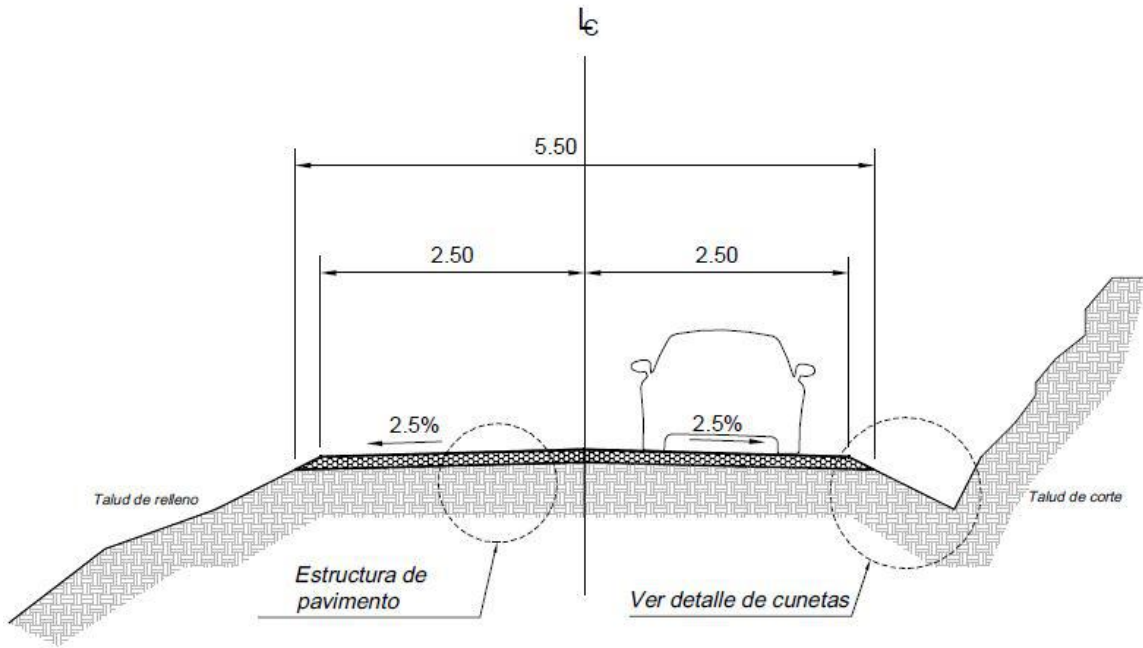


Figura 10. Sección Transversal Tramo 3, Est 3+773-6+000.

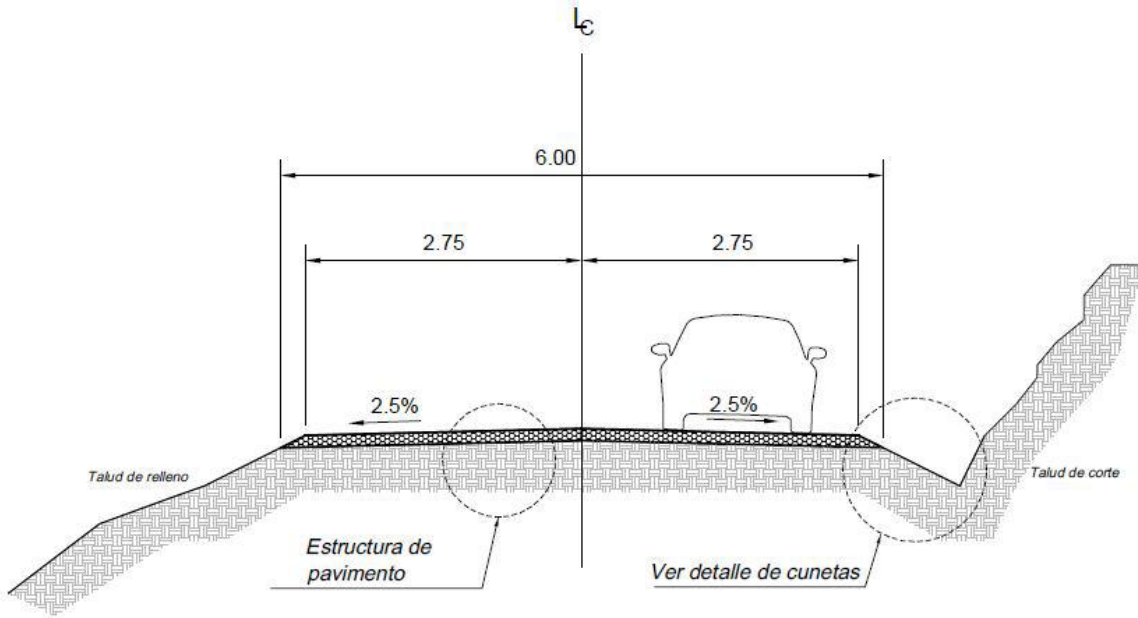


Figura 11. Sección Transversal Tramo 4, Est 6+000-7+987.

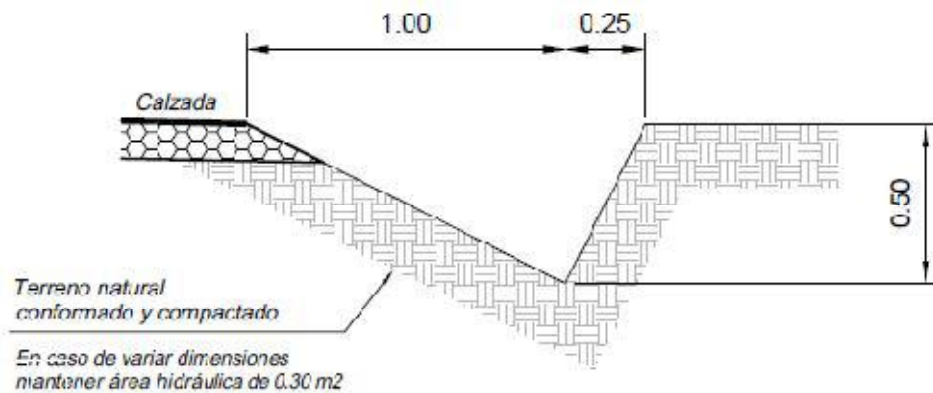


Figura 12. Sección de cuneta recomendada para el camino.

7.4 Proceso de intervención recomendada

El proceso o secuencia generalizada de intervención que se recomienda para cada una de las opciones de intervención es el siguiente:

Opción 1 (BG-TSB)

- Realizar trabajos de conformación de calzada y cunetas, de manera que se cumpla con las dimensiones recomendadas en las secciones transversales.
- Rehabilitar la capa granular de rodadura existente (CGR), escarificando al menos 10 cm de espesor, homogenizando, distribuyendo y volviendo a compactar al menos al 95% de Próctor Modificado para garantizar un CBR de 40%.
- Colocar, extender y compactar la capa material granular tipo base graduación C o D (BG) en el espesor indicado en la Tabla 19. Respetar especificaciones indicadas en la Tabla 14.
- Colocar el TSB de acuerdo a las especificaciones indicadas en la Tabla 14. Verificar conformación de pendiente transversal de al menos 2.5% de acuerdo a las secciones transversales recomendadas de la Figura 8 y 11.

Opción 2 (SBG-SE)

- Realizar trabajos de conformación de calzada y cunetas, de manera que se cumpla con las dimensiones recomendadas en las secciones transversales recomendadas de la Figura 8 a 11.
- Rehabilitar la capa granular de rodadura existente (CGR), escarificando al menos 10 cm de espesor, homogenizando, distribuyendo y volviendo a compactar al menos al 95% de Próctor Modificado para garantizar un CBR de 40%.
- Colocar, extender y compactar la capa material granular tipo subbase graduación B (SBG) en el espesor indicado en la Tabla 20. Respetar especificaciones indicadas en la Tabla 14.
- Realizar construcción del sello integrado con emulsión de rompimiento lento (SE), escarificando los 5 cm superficiales de la capa de subbase (SBG) para mezclar con la dosificación definida en el diseño de mezcla, luego distribuir, conformar y compactar al 95% de Próctor Modificado.
- Realizar riego emulsión superficial de emulsión y gravilla para impermeabilización de la capa.

8. Conclusiones

- El conteo de tránsito vehicular realizado indicó el camino C1-013-017 corresponde a un camino de bajo volumen, donde se tiene un tránsito promedio diario de 283 vehículos/día, lo cual se utilizó para definir las cargas vehiculares ESAL de diseño en 156 556 para un período de diseño de 10 años.
- La inspección del camino y los sondeos a cielo abierto indicaron que se cuenta con una capa granular de rodadura CGR existente con espesor promedio de 15 cm. Luego se tienen capas de relleno (RE1 y RE2) de material granular combinado con suelo con espesor promedio de 10 y 45 cm, debajo de las cuales se identificó el suelo subrasante (SR1 y SR2).
- Los ensayos de DCP indicaron que la CGR tiene un CBR que varía de 13% a 68%, las capa de relleno RE1 y RE2 presenta valores de CBR que varían entre 45% y 107%, mientras que los SR1 y SR2 identificados muestran valores que van de 3% a 19%.
- Los ensayos de laboratorio realizados a los materiales granulares existentes en la vía indicaron que a pesar de que estos materiales no cumplen a cabalidad con las especificaciones del CR-2010, pueden mantenerse en la estructura de pavimentos del camino como plataforma del camino y su aporte se tomó en cuenta en las estructuras de pavimento recomendadas.
- Se proponen dos opciones para la intervención de la calzada del camino. La Opción 1 incluye la colocación de una capa de BG de 10 a 12 cm de espesor y un TSB como superficie de ruedo, por otro lado la Opción 2 considera la colocación de una capa de SBG de 10-20 cm de espesor y un sello integrado con emulsión de rompimiento lento (SE).
- Se definieron cuatro tramos de acuerdo a la información disponible de anchos de calzada y condiciones generales observadas en el sitio durante las inspecciones y realización de los ensayos de campo. A cada tramo se le asigna la estructura de pavimento correspondiente.
- La definición final acerca del tipo secciones transversales a utilizar, de acuerdo a lo diseñado y recomendado en este informe, deberá ser formulada finalmente por

la UTGV de la Municipalidad de Turubares de acuerdo a su criterio técnico y análisis de los recursos disponibles.

9. Recomendaciones generales.

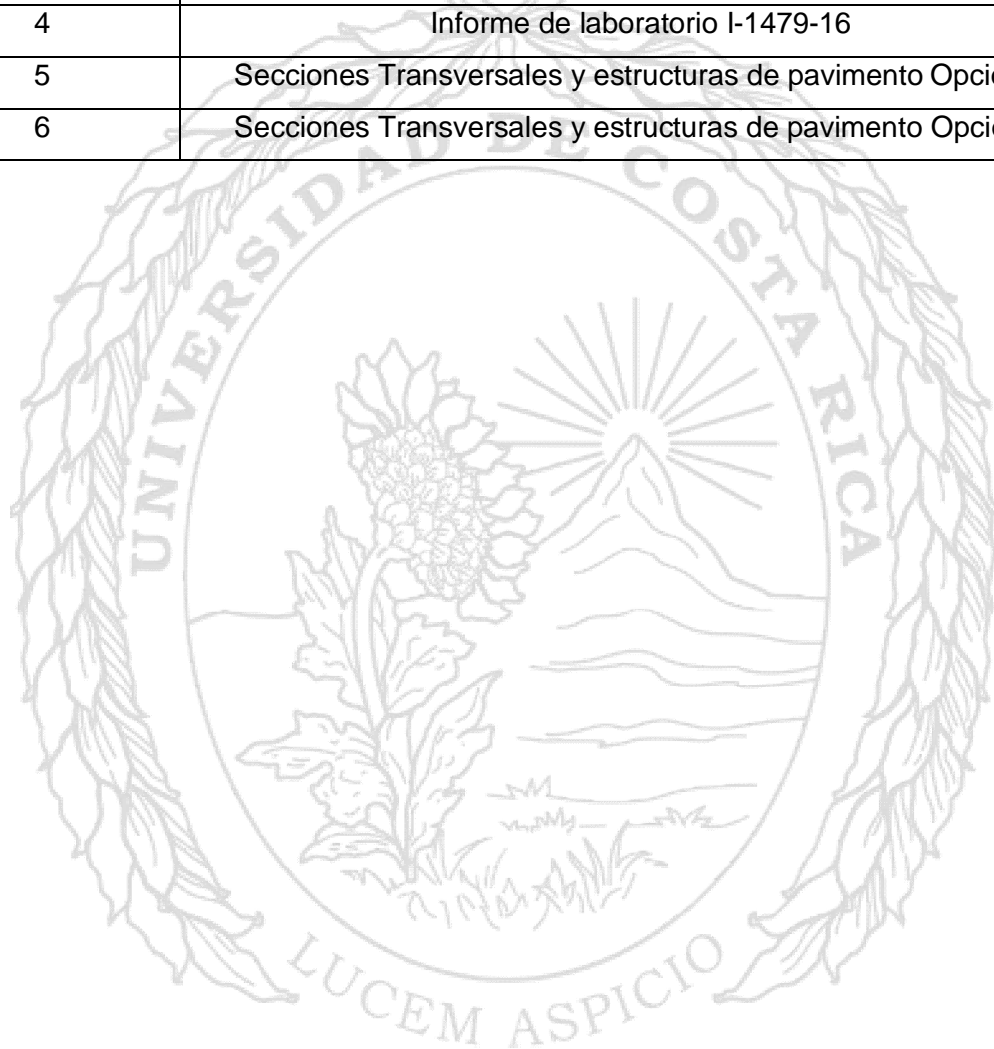
- Se recomienda revisar la condición y adecuado funcionamiento de las estructuras de drenaje pluvial existente a lo largo de los 7.9 km del camino a intervenir. Esto incluye verificar la ubicación, cantidad, condición y dimensiones de los pasos de alcantarilla transversales, cabezales, sangradores y salidas de agua hacia cauces cercanos. Lo anterior para evitar que la nueva estructura de pavimento a construir sufra deterioros por el inadecuado drenaje de aguas pluviales.
- Se recomienda incluir el señalamiento vertical y horizontal dentro del alcance del proyecto de mejoramiento vial del camino.
- 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.

10. 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/plani_fi_cacion/carreteras/Anuari_oTr%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.

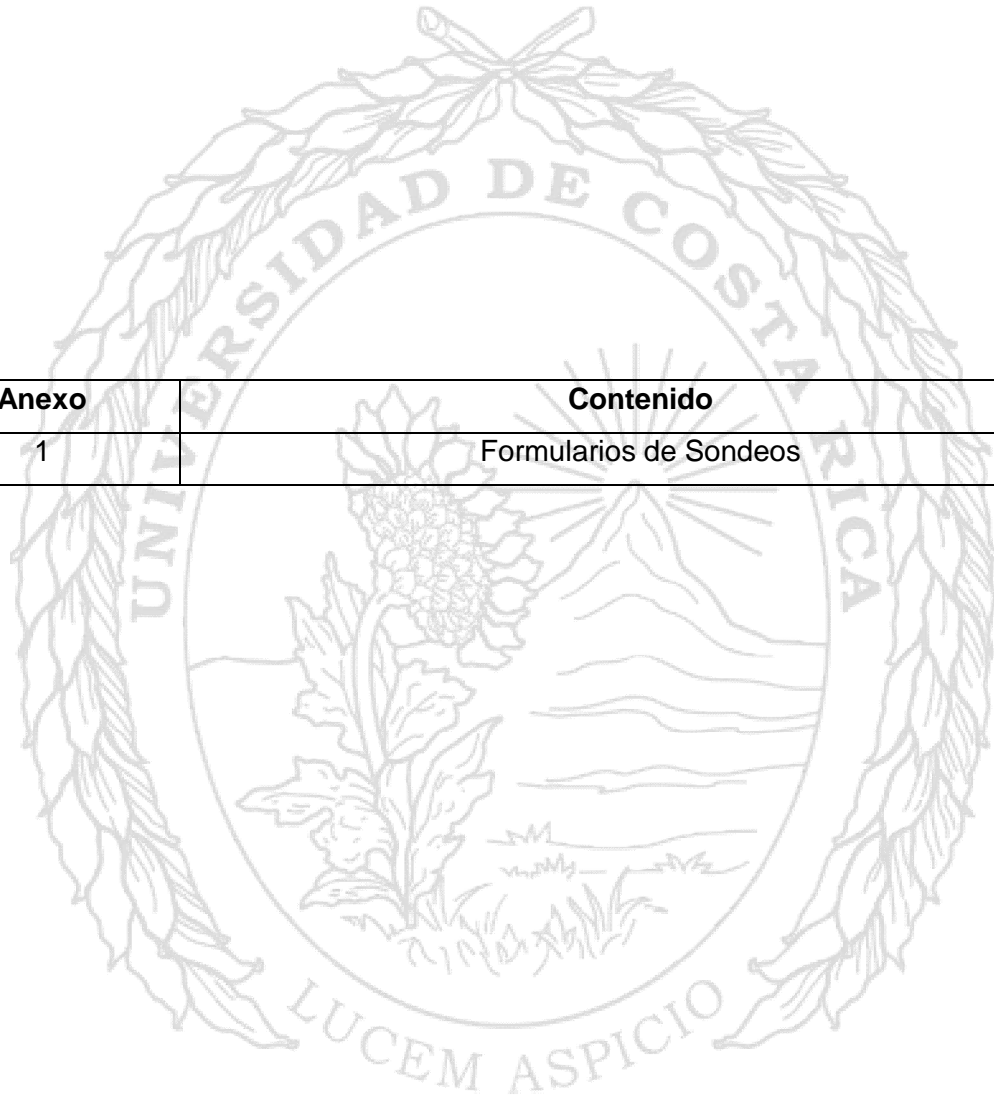
11. Anexos

Anexo	Contenido
1	Formularios de Sondeos
2	Resultados de los ensayos de DCP (CBR en sitio)
3	Resumen de CBR en sitio promedio para cada sondeo
4	Informe de laboratorio I-1479-16
5	Secciones Transversales y estructuras de pavimento Opción 1
6	Secciones Transversales y estructuras de pavimento Opción 2





Anexo	Contenido
1	Formularios de Sondeos



1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	15	1	646
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	40	1	688
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	57	1	716
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			5	71	1	744
3. SONDEOS				5	89	1	772
SONDEO No	Sondeo #1 (superficie)			5	114	1	802
ESTACIONAMIENTO	0+556			5	136	1	835
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	153	1	868
N	9	35	21.5	5	170		
W	84	32	29.4	5	186		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	206		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	218		
No. 1	CGR	17		5	232		
No. 2	RE	36		5	245		
No. 3	SR	-		5	260		
No. 4	-	-		5	274		
No. 5	-	-		5	288		
No. 6	-	-		5	302		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	315		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			5	328		
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			5	342		
No. 3	Suelo limoso-arcilloso color café			5	354		
No. 4	-			5	367		
No. 5	-			5	380		
No. 6	-			5	395		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	406		
1		11		5	422		
2		12		5	440		
3		13		5	459		
4		14		5	478		
5		15		5	508		
6		16		2	526		
7		17		2	555		
8		18		1	575		
9		19		1	593		
10		20		1	617		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
1 saco Lastre, mezcla de material de tajo y río, con granulometría variable y presencia de sobre tamaños / 1 bolsa suelo; limo arcilloso, color café, sin olor.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	60		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			1	140		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			1	196		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			1	247		
3. SONDEOS				1	297		
SONDEO No	Sondeo #1 (subrasante)			1	355		
ESTACIONAMIENTO	0+556			1	406		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	447		
N	9	35	21.5	1	485		
W	84	32	29.4	1	524		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	596		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	609		
No. 1	CGR	13		1	654		
No. 2	RE	40		1	709		
No. 3	SR	-		1	776		
No. 4	-	-		1	827		
No. 5	-	-		1	887		
No. 6	-	-					
CAPAS	DESCRIPCIÓN						
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo						
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño						
No. 3	Suelo limoso-arcilloso color café						
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							
1 saco lastre, mezcla de material de tajo y río, con granulometría variable y presencia de sobre tamaños / 1 bolsa suelo; limo arcilloso, color café, sin olor.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	18	1	746
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	43	1	785
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	62	1	830
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			5	81	1	877
3. SONDEOS				5	100		
SONDEO No	Sondeo #2 (superficie)			5	120		
ESTACIONAMIENTO	1+500			5	136		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	150		
N	9	35	37.5	5	161		
W	84	31	59.5	5	172		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	189		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	205		
No. 1	CGR	15		5	221		
No. 2	RE	30		5	234		
No. 3	SR	-		5	249		
No. 4	-	-		5	263		
No. 5	-	-		5	277		
No. 6	-	-		5	291		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	302		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			5	314		
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			5	326		
No. 3	Suelo limoso-arcilloso color café			5	341		
No. 4	-			5	366		
No. 5	-			3	386		
No. 6	-			3	410		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				3	432		
1		11		3	453		
2		12		3	475		
3		13		3	498		
4		14		3	525		
5		15		3	579		
6		16		1	602		
7		17		1	626		
8		18		1	651		
9		19		1	679		
10		20		1	710		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Material de capa granular de rodadura y suelo de subrasante igual a Sondeo #1.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	61		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			1	92		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			1	102		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			1	137		
3. SONDEOS				1	163		
SONDEO No	Sondeo #2 (subrasante)			1	195		
ESTACIONAMIENTO	1+500			1	236		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	286		
N	9	35	37.5	1	344		
W	84	31	59.5	1	414		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	486		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	563		
No. 1	CGR	15		1	638		
No. 2	RE	30		1	724		
No. 3	SR	-		1	780		
No. 4	-	-					
No. 5	-	-					
No. 6	-	-					
CAPAS	DESCRIPCIÓN						
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo						
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño						
No. 3	Suelo limoso-arcilloso color café						
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							
Material de capa granular de rodadura y suelo de subrasante igual a Sondeo #1. Se realiza ensayo DCP a una profundidad de 50 cm.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	10		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	110		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			3	157		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			3	169		
3. SONDEOS				3	182		
SONDEO No	Sondeo #3 (superficie)			3	230		
ESTACIONAMIENTO	2+500			3	295		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	340		
N	9	35	57.4	2	378		
W	84	31	39.4	2	414		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				2	454		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		2	495		
No. 1	CGR	15		2	531		
No. 2	SR	-		2	568		
No. 3	-	-		2	605		
No. 4	-	-		2	645		
No. 5	-	-		1	662		
No. 6	-	-		1	679		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	698		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			1	712		
No. 2	Suelo limoso-arenoso			1	736		
No. 3	-			1	742		
No. 4	-			1	755		
No. 5	-			1	771		
No. 6	-			1	786		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	802		
1		11		1	814		
2		12		1	832		
3		13		1	847		
4		14		1	864		
5		15		1	875		
6		16		1	890		
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
1 bolsa suelo / 1 saco Lastre. Se realiza DCP solamente en superficie debido a identificación de capa delgada de material granular.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):		No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):		0	17		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	45		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	67		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			5	91		
3. SONDEOS				5	117		
SONDEO No	Sondeo #4 (superficie)			5	140		
ESTACIONAMIENTO	3+565			5	165		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	190		
N	9	36	22.9	5	204		
W	84	31	30.7	5	230		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	265		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	312		
No. 1	CGR	15		3	335		
No. 2	RE	45		3	352		
No. 3	SR	-		3	366		
No. 4	-	-		5	385		
No. 5	-	-		5	406		
No. 6	-	-		5	435		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	463		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			5	484		
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			5	500		
No. 3	Suelo arenoso combinado con partículas de agregados sobretamaño			5	540		
No. 4	-			3	573		
No. 5	-			3	595		
No. 6	-			3	612		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				3	630		
1		11		3	661		
2		12		3	693		
3		13		3	719		
4		14		3	735		
5		15		3	754		
6		16		3	772		
7		17		3	792		
8		18		3	812		
9		19		3	830		
10		20		3	850		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
Se toma muestra 1 saco de material granular de relleno.							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):		No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):		0	55	1	710
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			1	81	1	725
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			1	105	1	745
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			1	120	1	760
3. SONDEOS				1	130	1	775
SONDEO No	Sondeo #4 (subrasante)			1	141	1	790
ESTACIONAMIENTO	3+565			1	150	1	810
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	168	1	825
N	9	36	22.9	2	183	1	850
W	84	31	30.7	2	192	1	875
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				2	210		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		2	214		
No. 1	CGR	15		2	226		
No. 2	RE	45		2	240		
No. 3	SR	-		2	254		
No. 4	-	-		2	266		
No. 5	-	-		2	277		
No. 6	-	-		2	285		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			2	293		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			2	300		
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			2	307		
No. 3	Suelo arenoso combinado con partículas de agregados sobretamaño			5	323		
No. 4	-			5	336		
No. 5	-			5	350		
No. 6	-			5	364		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	379		
1		11		5	392		
2		12		5	417		
3		13		3	441		
4		14		3	479		
5		15		3	525		
6		16		3	545		
7		17		3	563		
8		18		3	587		
9		19		3	633		
10		20		3	690		

7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES

Se toma muestra 1 saco de material granular de relleno. Se realiza ensayos DCP subrasante a 110cm de profundidad.

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	15		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	80		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	150		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			3	202		
3. SONDEOS				3	256		
SONDEO No	Sondeo #5 (superficie)			2	295		
ESTACIONAMIENTO	4+616			2	341		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	391		
N	9	36	49.1	1	415		
W	84	31	18.1	1	442		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	470		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	503		
No. 1	CGR	15.0		1	532		
No. 2	SR1	40.0		1	561		
No. 3	SR2	30.0		1	586		
No. 4	-	-		1	610		
No. 5	-	-		1	634		
No. 6	-	-		1	657		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	680		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			1	702		
No. 2	Suelo limoso- arenoso combinado con partículas agregado sobretamaño			1	725		
No. 3	Suelo limoso- arenoso combinado con partículas agregado sobretamaño			1	746		
No. 4	-			1	771		
No. 5	-			1	795		
No. 6	-			1	819		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	840		
1		11		1	860		
2		12		1	879		
3		13					
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

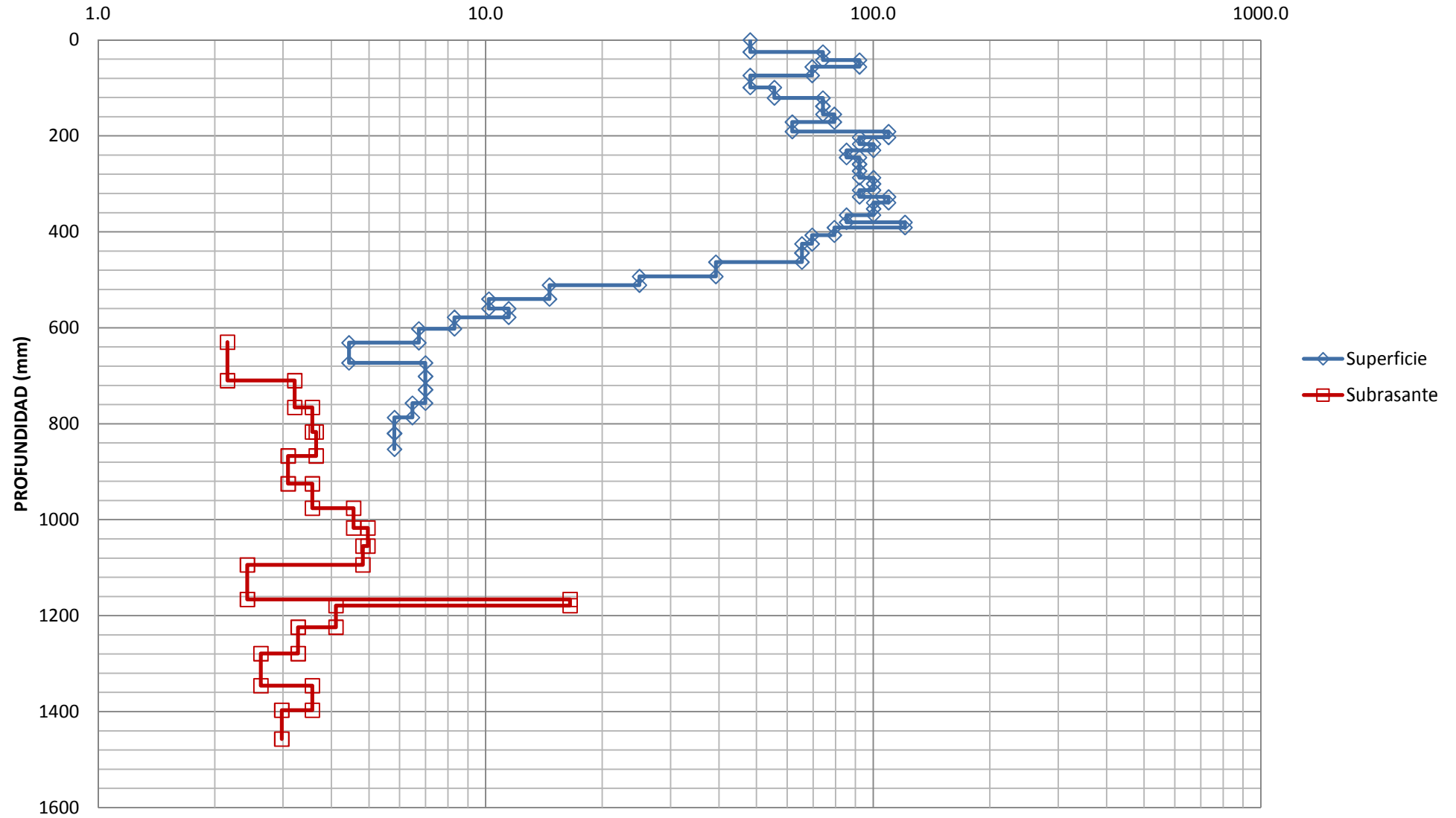
1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	20	5	587
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	70	5	600
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	100	5	616
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			5	125	5	636
3. SONDEOS				5	141	5	660
SONDEO No	Sondeo #6 (superficie)			5	159	3	687
ESTACIONAMIENTO	5+633			5	175	3	700
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	192	3	720
N	9	37	17.2	5	207	3	743
W	84	31	24.2	5	221	3	773
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				5	233	3	812
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		5	248	3	850
No. 1	CGR	10.0		5	266	2	880
No. 2	RE1	20.0		5	285		
No. 3	RE2	25.0		5	298		
No. 4	SR	-		5	311		
No. 5	-	-		5	321		
No. 6	-	-		5	341		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			5	352		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			5	362		
No. 2	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			5	371		
No. 3	Material granular de relleno combinado con suelo, partículas de sobretamaño			5	381		
No. 4	Suelo limoso- arenoso combinado con partículas agregado sobretamaño			5	396		
No. 5	-			5	413		
No. 6	-			5	430		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				5	446		
1		11		5	466		
2		12		5	484		
3		13		5	496		
4		14		5	512		
5		15		5	523		
6		16		5	535		
7		17		5	548		
8		18		5	558		
9		19		5	565		
10		20		5	575		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	San José	LONGITUD (Km):	11.3	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Turrubares	ANCHO PROM SR (m):	5.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Carara	ANCHO PROM DV (m):	14	0	23		
CODIGO DEL CAMINO	Camino Rio Seco 1-016-017-00			5	73		
DE:	PUENTE RIO SECO-LIMITE CANTON			5	120		
A:	PUENTE RIO TULIN-LA ANGOSTURA			5	173		
3. SONDEOS				5	221		
SONDEO No	Sondeo #7 (superficie)			5	301		
ESTACIONAMIENTO	6+642			3	345		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	382		
N	9	37	39.6	2	415		
W	84	31	14.1	1	436		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	461		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	487		
No. 1	CGR	20.0		1	515		
No. 2	SR1	20.0		1	537		
No. 3	SR2	-		1	554		
No. 4	-	-		1	571		
No. 5	-	-		1	587		
No. 6	-	-		1	605		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	626		
No. 1	Material granular tipo subbase combinado con suelo			1	651		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café			1	675		
No. 3	Suelo limoso-arcilloso color café			1	693		
No. 4	-			1	714		
No. 5	-			1	736		
No. 6	-			1	762		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	792		
1		11		1	822		
2		12		1	853		
3		13		1	874		
4		14					
5		15					
6		16					
7		17					
8		18					
9		19					
10		20					
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
No muestra							
FECHA	26/09/2016			APUNTADOR	FPF		

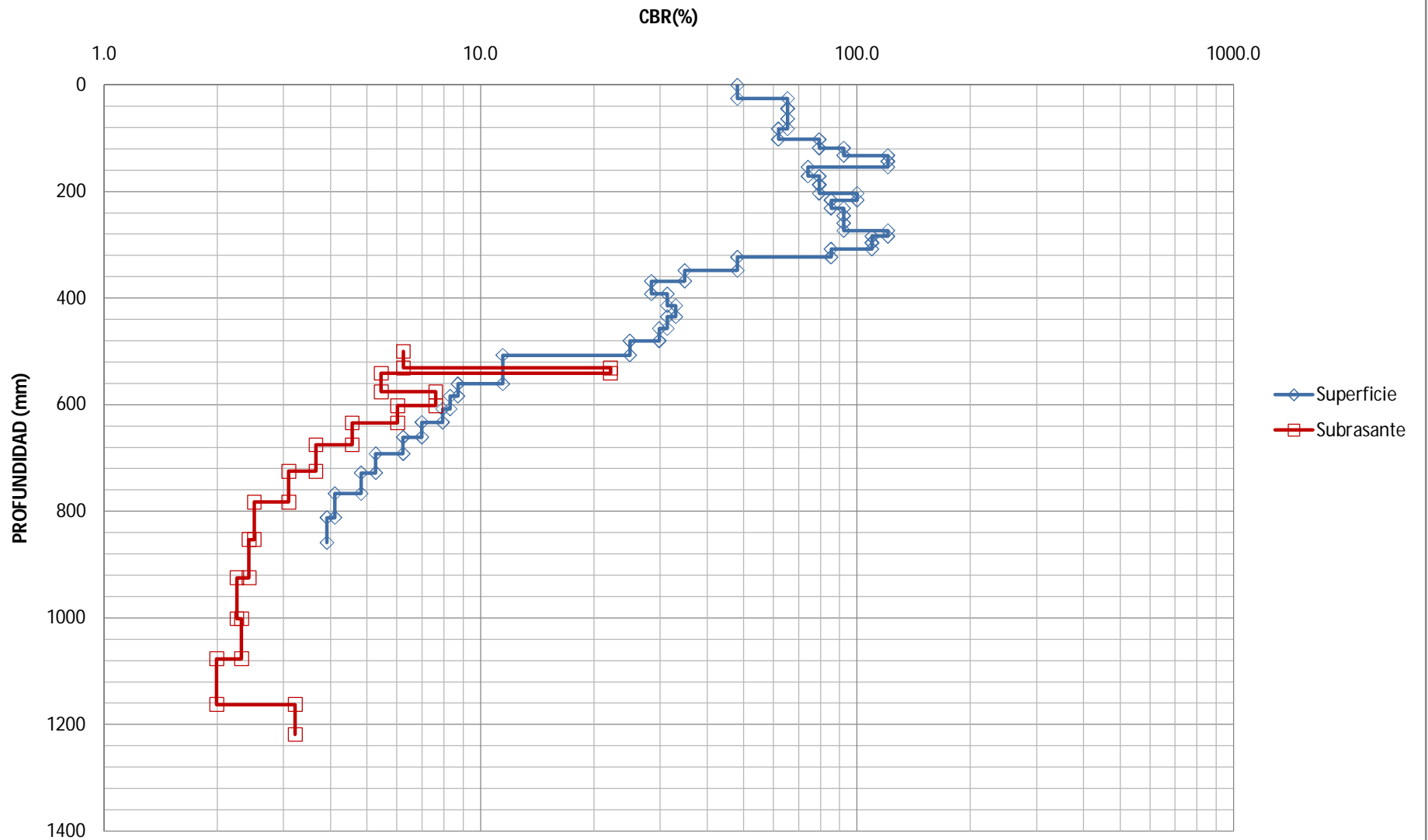
Anexo	Contenido
2	Resultados de los ensayos de DCP (CBR en sitio)

SONDEO #1

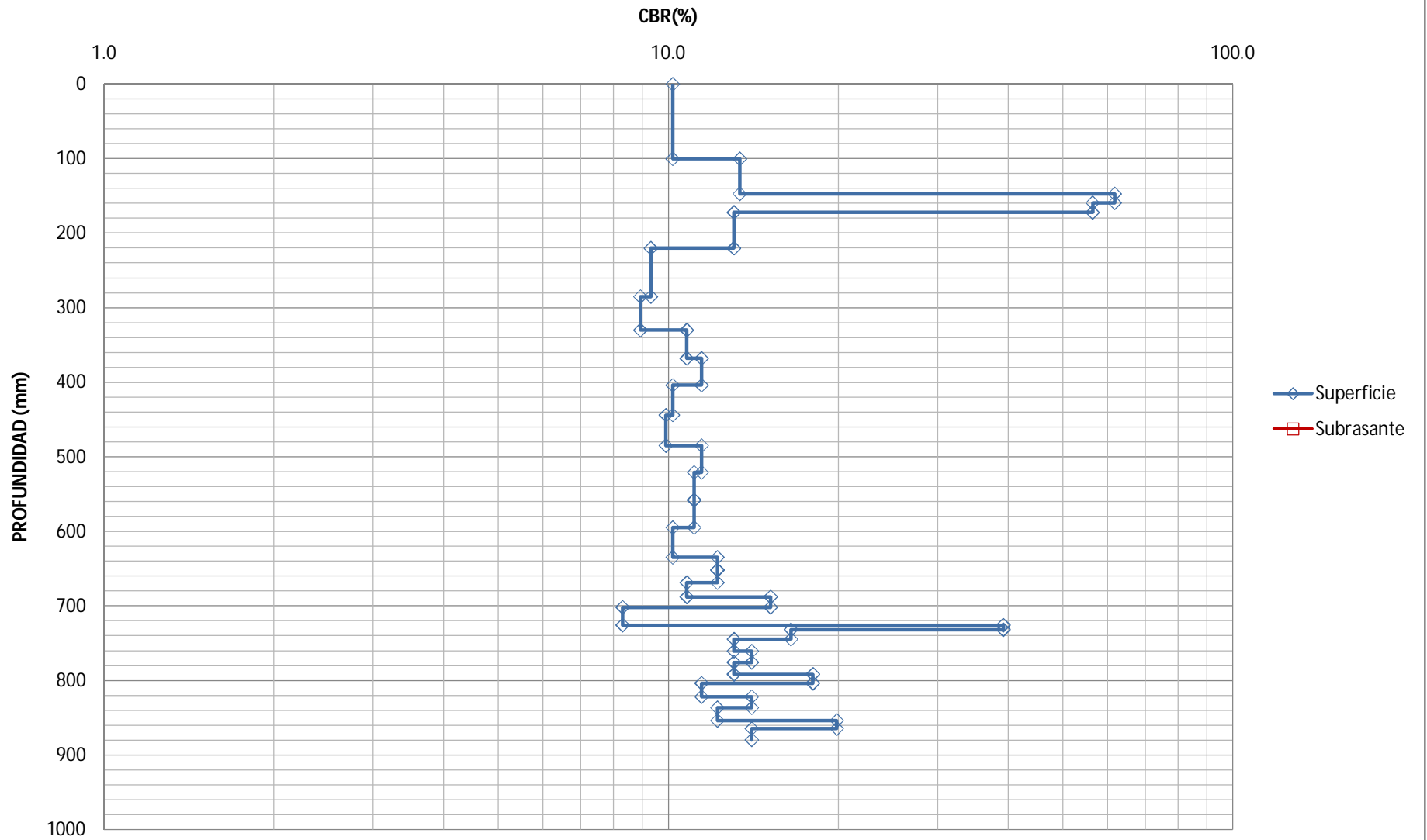
CBR(%)



SONDEO #2

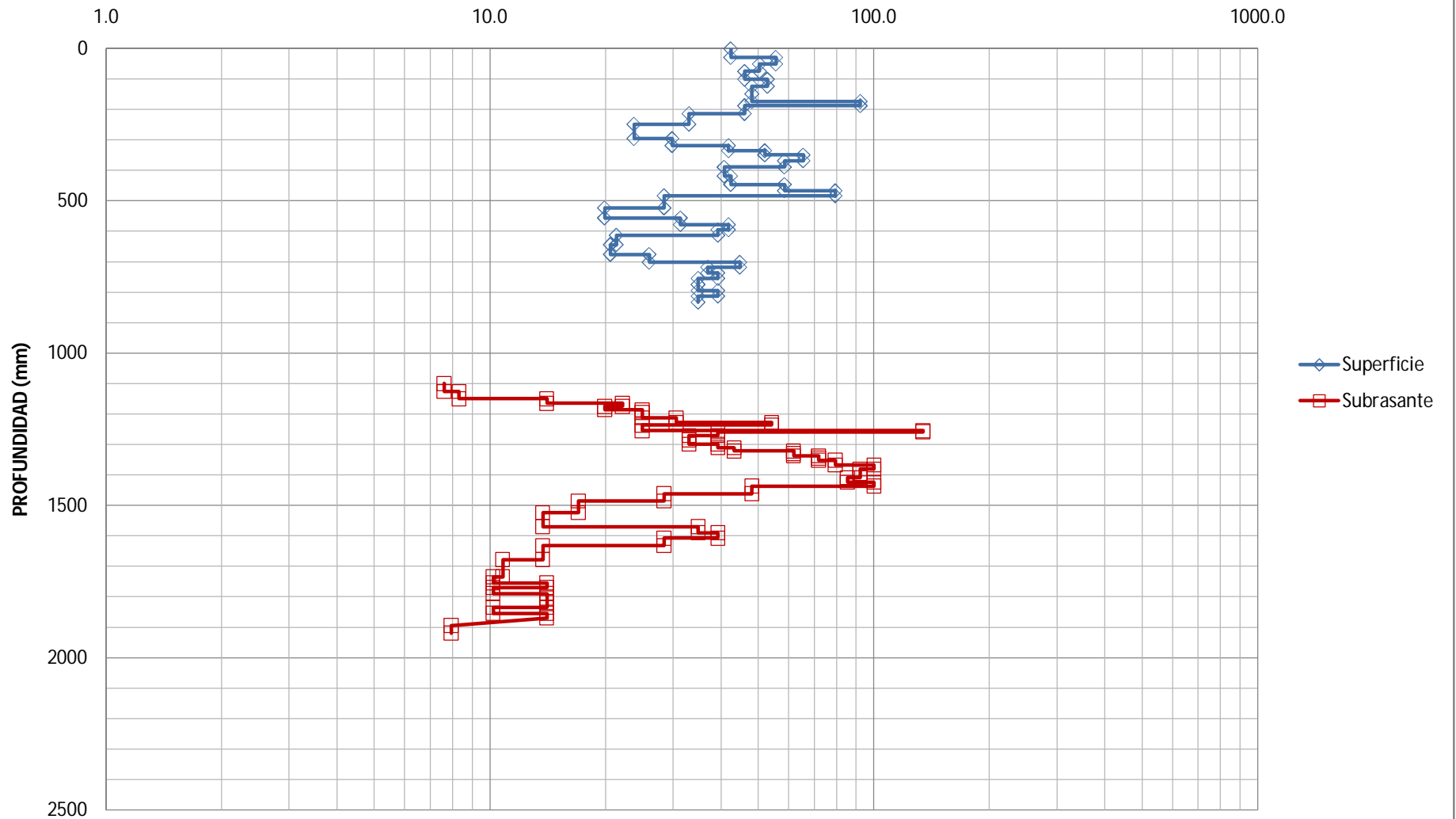


SONDEO #3

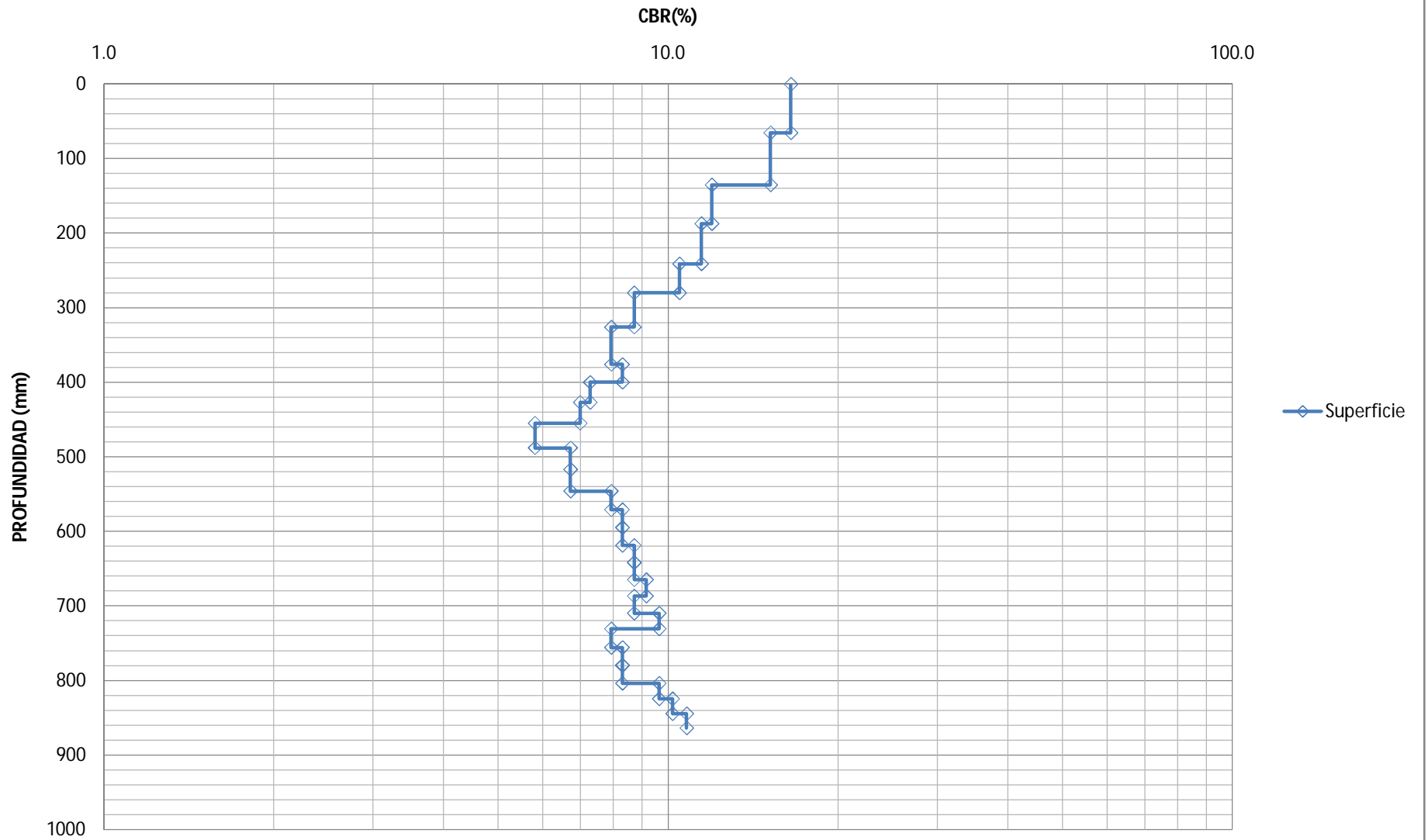


SONDEO #4

CBR(%)

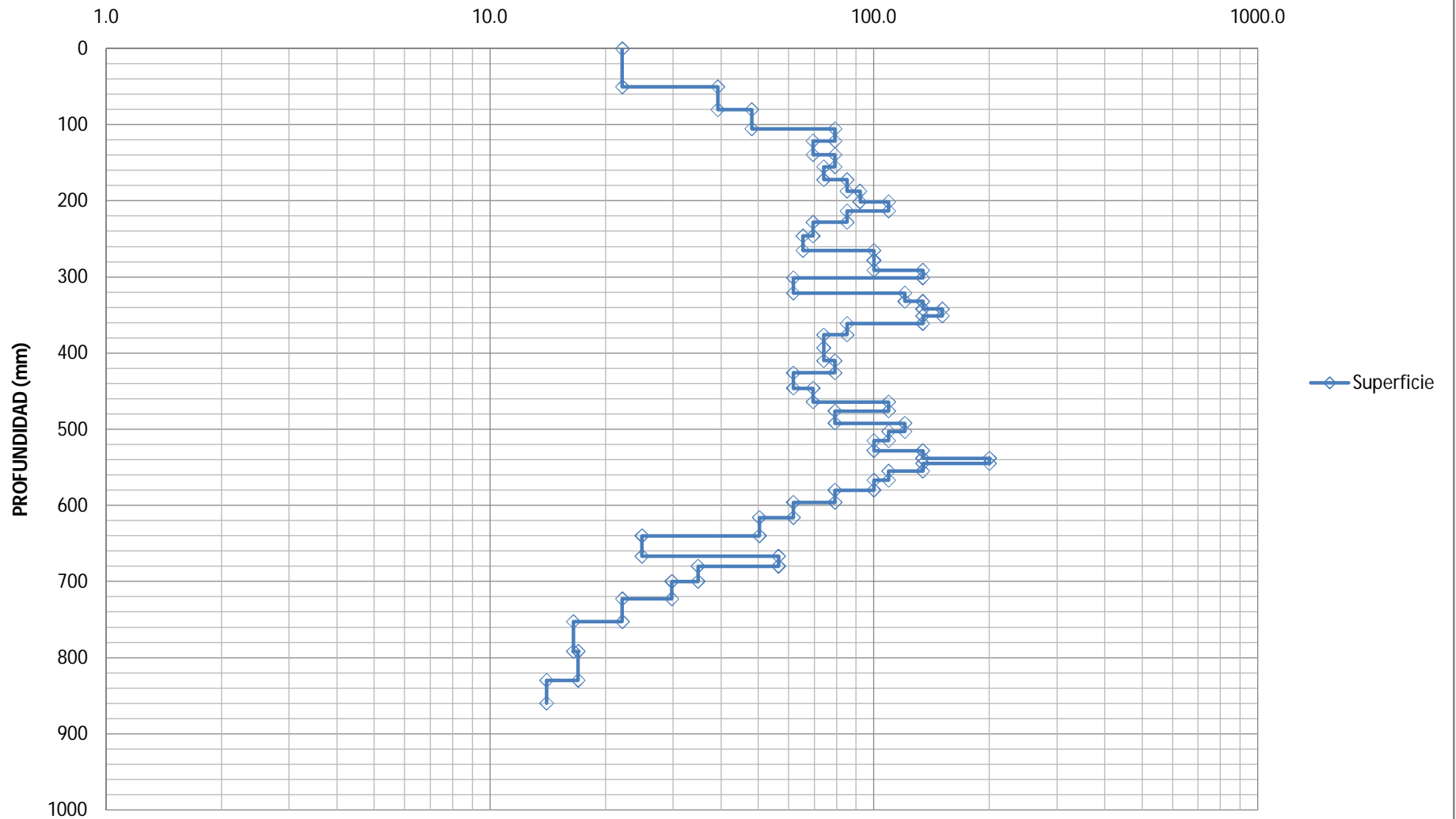


SONDEO #5



SONDEO #6

CBR(%)



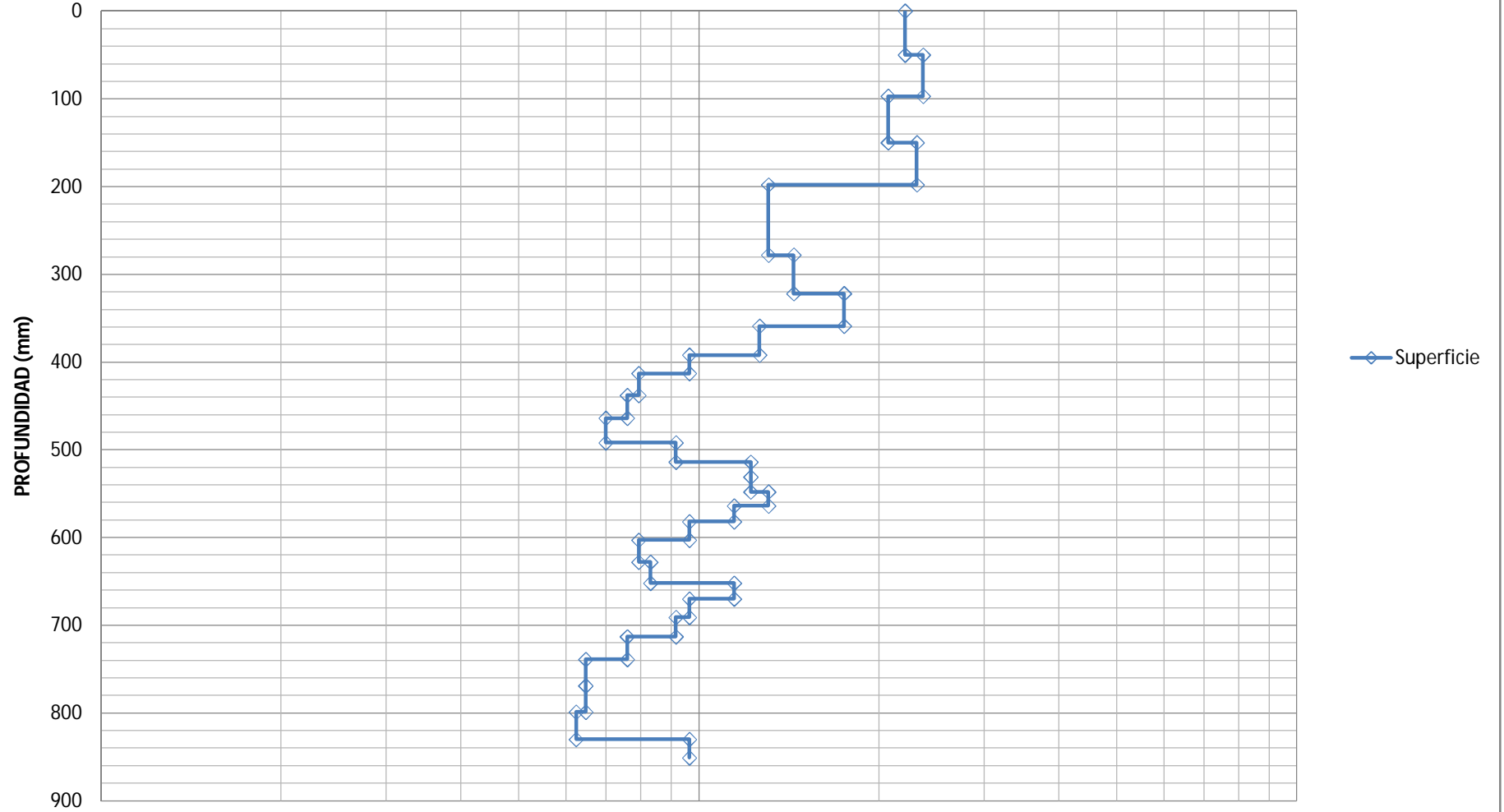
SONDEO #7

CBR(%)

1.0

10.0

100.0



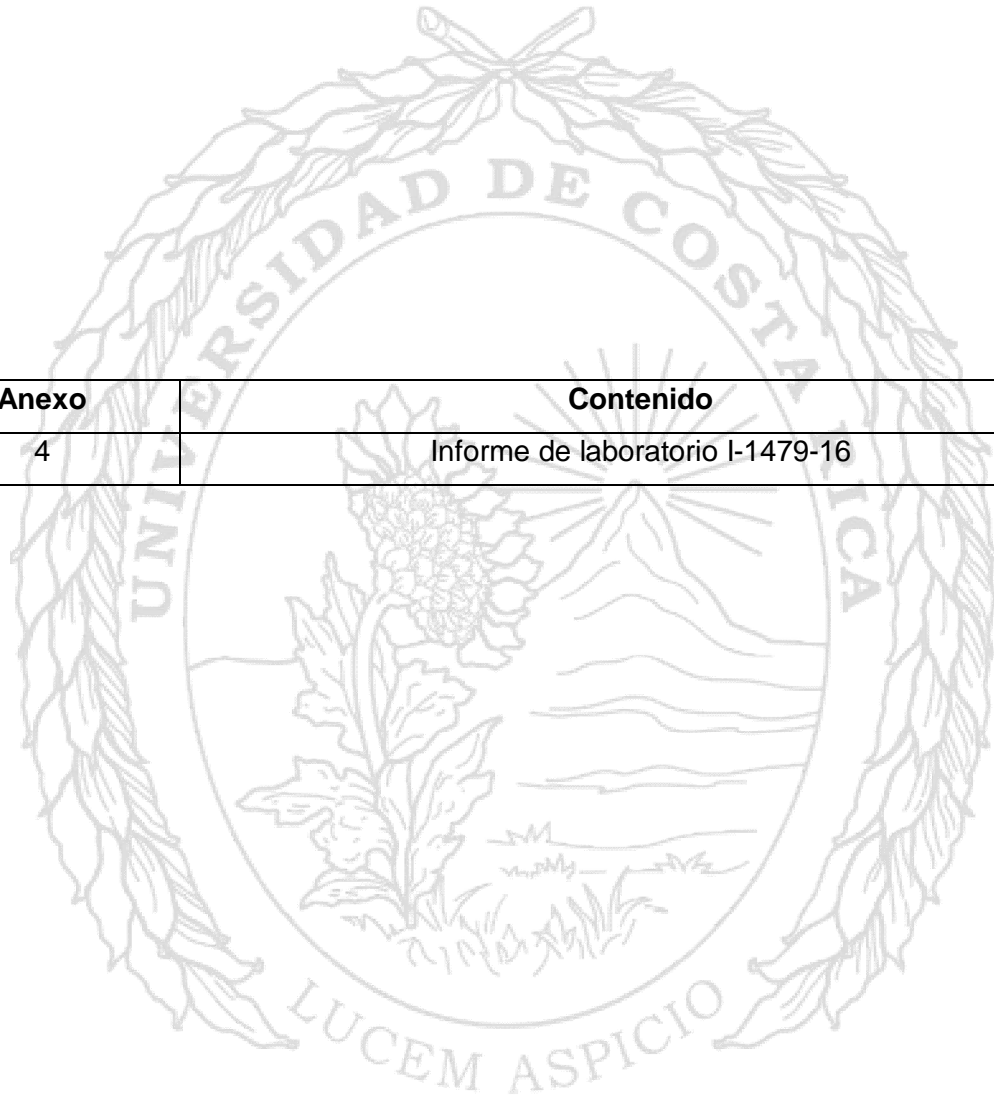
Anexo	Contenido
3	Resumen de CBR en sitio promedio para cada sondeo

Resumen de CBR en sitio promedio para cada sondeo

Estación	0+000 a 2+000						2+000 a 3+000		3+000 a 4+000			4+000 a 5+000		5+000 A 6+000		6+000 a 7+987	
	Sondeo 1 (0+556)			Sondeo 2 (1+500)			Sondeo 3 (2+500)		Sondeo 4 (3+565)			Sondeo 5 (4+616)		Sondeo 6 (5+633)		Sondeo 7 (6+642)	
	Capa o material	CBR prom (superficie)	CBR prom (subrasante)	Capa o material	CBR prom (superficie)	CBR prom (subrasante)	Capa o material	CBR prom (superficie)	Capa o material	CBR prom (superficie)	CBR prom (subrasante)	Capa o material	CBR prom (superficie)	Capa o material	CBR prom (superficie)	Capa o material	CBR prom (superficie)
0	CGR	68.4		CGR	68.3		CGR	28.5	CGR	49		CGR	13.1	CGR	36.5	CGR	22.5
5	CGR	68.4		CGR	68.3		CGR	28.5	CGR	49		CGR	13.1	CGR	36.5	CGR	22.5
10	CGR	68.4		CGR	68.3		CGR	28.5	CGR	49		CGR	13.1	CGR	36.5	CGR	22.5
15	CGR	68.4		CGR	68.3		CGR	28.5	CGR	49		CGR	13.1	RE1	88	CGR	22.5
20	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	CGR	49		SR1	7.3	RE1	88	CGR	22.5
25	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	CGR	49		SR1	7.3	RE1	88	SR1	13.5
30	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	CGR	49		SR1	7.3	RE1	88	SR1	13.5
35	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	RE	45.4		SR1	7.3	RE2	107.1	SR1	13.5
40	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	RE	45.4		SR1	7.3	RE2	107.1	SR1	13.5
45	RE	76.6		RE	80.9		SR1	12.4	RE	45.4		SR1	7.3	RE2	107.1	SR2	9.1
50	RE	76.6		SR1	11.8	8.7	SR2	12.4	RE	45.4		SR1	7.3	RE2	107.1	SR2	9.1
55	RE	76.6		SR1	11.8	8.7	SR2	12.4	RE	45.4		SR1	7.3	RE2	107.1	SR2	9.1
60	SR1	6.5		SR1	11.8	8.7	SR2	12.4	RE	45.4		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
65	SR1	6.5	3.6	SR1	11.8	8.7	SR2	12.4	SR1	33.8		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
70	SR1	6.5	3.6	SR2	11.8	2.7	SR2	12.4	SR1	33.8		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
75	SR1	6.5	3.6	SR2	11.8	2.7	SR2	12.4	SR1	33.8		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
80	SR1	6.5	3.6	SR2	11.8	2.7	SR2	12.4	SR1	33.8		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
85	SR1	6.5	3.6	SR2	11.8	2.7	SR2	12.4	SR1	33.8		SR2	8.9	SR1	47.5	SR2	9.1
90	SR1		3.6	SR2		2.7	SR2	12.4	SR1								
95	SR1		3.6	SR2		2.7			SR1								
100	SR1		3.6	SR2		2.7			SR1								
105	SR1		3.6	SR2		2.7			SR1								
110	SR1		3.6	SR2		2.7			SR1		52.7						
115	SR1		3.6	SR2		2.7			SR1		52.7						
120	SR2		3.3	SR2		2.7			SR1		52.7						
125	SR2		3.3						SR1		52.7						
130	SR2		3.3						SR1		52.7						
135	SR2		3.3						SR1		52.7						
140	SR2		3.3						SR1		52.7						
145	SR2		3.3						SR1		52.7						
150	SR2		3.3						SR2		18.5						
155	SR2		3.3						SR2		18.5						
160									SR2		18.5						
165									SR2		18.5						
170									SR2		18.5						
175									SR2		18.5						
180									SR2		18.5						
185									SR2		18.5						
190									SR2		18.5						
195									SR2		18.5						



Anexo	Contenido
4	Informe de laboratorio I-1479-16



No. de informe: I-1479-16

Informe de Ensayo

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

ST-1346-16
ST-1499-16

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal (Ing. Sharline López).
Proyecto: Municipalidad de Turrubares, camino río seco.
Domicilio: 400 metros norte de Muñoz y Nanne, San Pedro, Montes de Oca, San José.

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-04 (ASTM C 127) (*)
Procedimiento para la determinación de la densidad, gravedad específica y absorción de agregado grueso.
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-05 (ASTM D 4318) (*)
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.
IT-GC-07 (AASHTO T 180) (*)
Método estándar de ensayo para la relación densidad-humedad de suelos usando un mazo de 4,54 kg y una caída de 457 mm
IT-GC-08 (AASHTO T 193) (*)
Método estándar de ensayo para determinar el índice de soporte de California (CBR).

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

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

No. de informe: I-1479-16

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

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
2372-16	1 Saco con lastre de relleno. Identificado por el cliente como: Sondeo N°4. Agregado de río, color gris, medianamente compacto, partículas redondeadas, ligeramente meteorizado.
2373-16	1 Saco con lastre sub-base. Identificado por el cliente como: Sondeo N°1. Agregado de río, color gris, medianamente compacto, partículas redondeadas, ligeramente meteorizado.
2374-16	1 Saco con lastre sub-base. Identificado por el cliente como: Sondeo N°3. Agregado de río, color gris, medianamente compacto, partículas redondeadas, ligeramente meteorizado.
2375-16	1 Bolsa con suelo. Identificado por el cliente como: Sondeo N°1. Suelo limo-arcilloso, café oscuro, algo descompuesto (fangoso), con regular cantidad de material granular, rocoso, semicompactos de hasta 12,7 mm de diámetro.
2376-16	1 Bolsa con suelo. Identificado por el cliente como: Sondeo N°3. Suelo limoso, color café claro, amarillento, combinado con suelo tipo (MH) color café oscuro, en forma de bloques, muy compactos.

Aportadas por: Sr. Andrey Chavarría.

Fecha de recepción : 2016/09/29

Fecha de realización del ensayo: 2016/10/26-2016/11/23

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo: 2016/09/26

Ubicación: San José, Turrubares; camino Río Seco.

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.

No. de informe: I-1479-16

5. Resultados:

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

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
2372-16	25	20	5
Combinación M-2373-16 con M-2374-16	26	19	7
2255-16	54	31	23
2256-16	46	30	16

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 (%)	
2372-16	Retenido 3/4"	3,0
	Pasando 3/4"	6,0
Combinación M-2373-16 con M-2374-16	5,4	
2375-16	18,5	
2376-16	23,8	

Tabla 3. Resultados del ensayo para determinar la densidad, gravedad específica y absorción de agregado grueso, muestras: 2372-16, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

MUESTRA No.	GRAVEDAD ESPECÍFICA			DENSIDAD			ABSORCIÓN (%)
	G _s	G _{bs}	G _{bss}	D _s (kg/m ³)	D _{bs} (kg/m ³)	D _{bss} (kg/m ³)	
2372-16	2,86	2,54	2,65	2860	2540	2650	4,4
Combinación M-2373-16 con 2374-16	2,85	2,52	2,63	2850	2510	2630	4,7

No. de informe: I-1479-16

Tabla 4. Resultados del ensayo para determinar la gravedad específica del suelo, muestras M-2375-16 y M-2376-16.

MUESTRA	MÉTODO	G _T	G _S
2375-16	A	2,658	2,656
2376-16	A	2,672	2,670

Tabla 5. Resultados del análisis granulométrico, muestra M-2372-16.

MASA INICIAL: 27182 g MASA FINAL: 22895 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
3"	75,0	0,00	0	0	100
2 1/2"	63,0	466	2	2	98
1 1/2"	37,5	359	1	3	97
1"	25,0	1441	5	8	92
3/4"	19,0	909	3	12	88
1/2"	12,5	1767	7	18	82
3/8"	9,50	1725	6	25	75
Nº 4	4,75	3538	13	38	62
Nº 8	2,36	3161	12	49	51
Nº 10	2,00	733	3	52	48
Nº 16	1,18	2176	8	60	40
Nº 20	0,85	1245	5	64	36
Nº 30	0,60	1215	4	69	31
Nº 40	0,43	912	3	72	28
Nº 50	0,30	824	3	75	25
Nº 60	0,25	396	1	77	23
Nº100	0,15	936	3	80	20
Nº200	0,08	1032	4	84	16
LAVADO MALLA # 200					30

No. de informe: I-1479-16

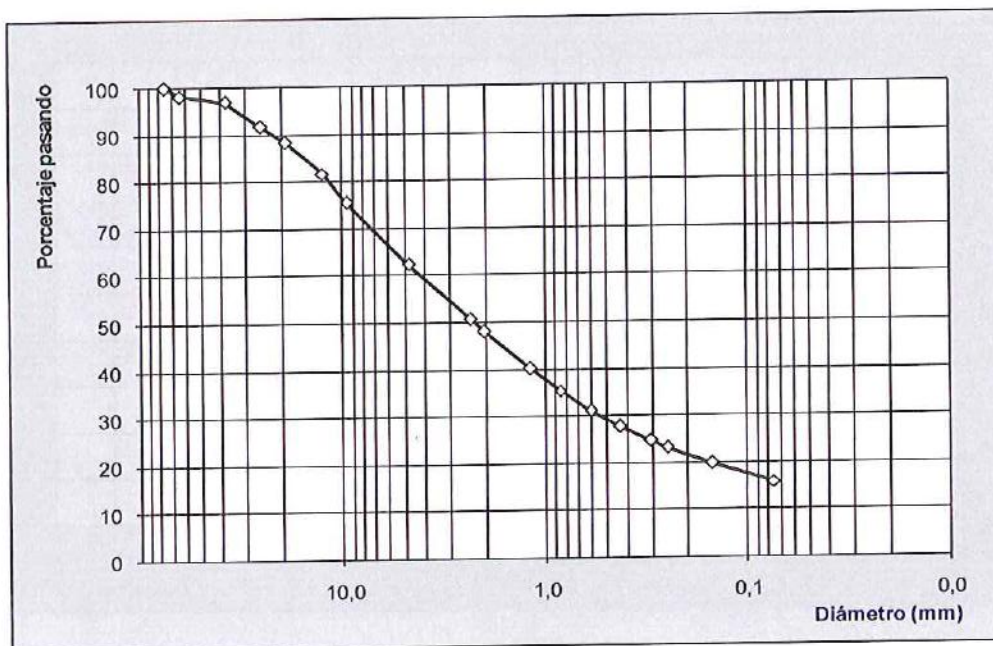


Gráfico 1. Curva granulométrica, muestra M-2372-16.

Tabla 6. Resultados del análisis granulométrico, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

MASA INICIAL:	19875 g	MASA FINAL:	17695 g			
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.	
2 1/2"	63,0	0,00	0	0	100	
2"	50,0	758	4	4	96	
1 1/2"	37,5	1150	6	10	90	
1"	25,0	834	4	14	86	
3/4"	19,0	1151	6	20	80	
1/2"	12,5	1669	8	28	72	
3/8"	9,50	1125	6	34	66	
N° 4	4,75	2572	13	47	53	
N° 8	2,36	2147	11	57	43	
N° 10	2,00	326	2	59	41	
N° 16	1,18	1448	7	66	34	
N° 20	0,85	824	4	70	30	
N° 30	0,60	855	4	75	25	
N° 40	0,43	701	4	78	22	
N° 50	0,30	627	3	81	19	
N° 60	0,25	277	1	83	17	
N°100	0,15	601	3	86	14	
N°200	0,08	586	3	89	11	
LAVADO MALLA # 200					23	

No. de informe: I-1479-16

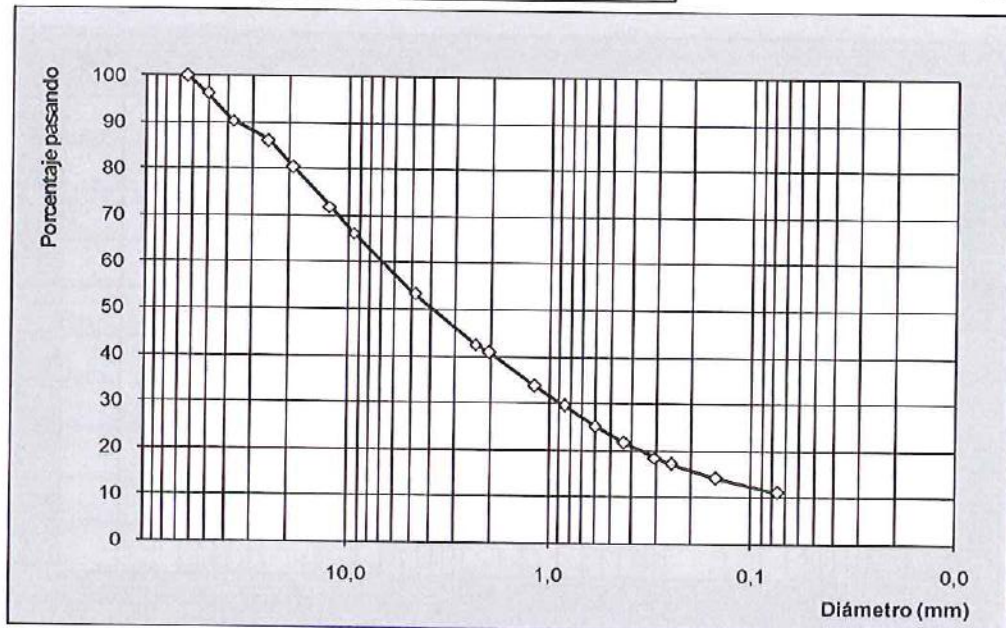


Gráfico 2. Curva granulométrica, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

Tabla 7. Análisis granulométrico de suelos vía seca, muestra M-2375-16.

MASA INICIAL: 890 g MASA FINAL: 392 g

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	10,3	1,16	1,16	98,8
3/8"	9,50	7,60	0,85	2,01	98,0
Nº 4	4,75	11,4	1,28	3,29	96,7
Nº 10	2,00	31,5	3,53	6,83	93,2
Nº 20	0,85	63,3	7,11	13,9	86,1
Nº 40	0,43	86,4	9,71	23,6	76,4
Nº60	0,25	64,7	7,27	30,9	69,1
Nº100	0,15	55,4	6,22	37,1	62,9
Nº140	0,11	32,5	3,65	40,8	59,2
Nº200	0,08	28,7	3,23	44,0	56,0

No. de informe: I-1479-16

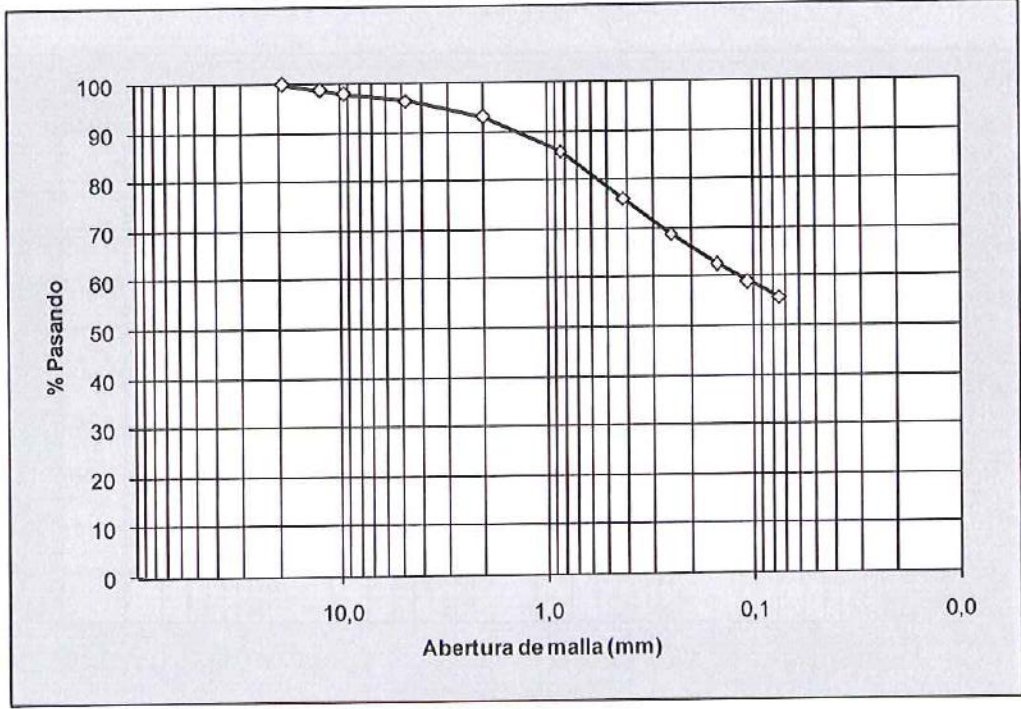


Gráfico 3. Curva granulométrica, muestra M-2375-16.

Tabla 8. Análisis granulométrico de suelos vía seca, muestra M-2376-16.

MASA INICIAL: 559 g MASA FINAL: 278 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
1/2"	12,5	0,00	0,00	0,00	100
3/8"	9,50	3,11	0,56	0,56	99,4
Nº 4	4,75	0,16	0,03	0,59	99,4
Nº 10	2,00	1,75	0,31	0,90	99,1
Nº 20	0,85	4,35	0,78	1,68	98,3
Nº 40	0,43	10,4	1,86	3,54	96,5
Nº60	0,25	22,0	3,94	7,47	92,5
Nº100	0,15	94,6	16,9	24,4	75,6
Nº140	0,11	93,0	16,6	41,1	58,9
Nº200	0,08	49,1	8,80	49,8	50,2

No. de informe: I-1479-16

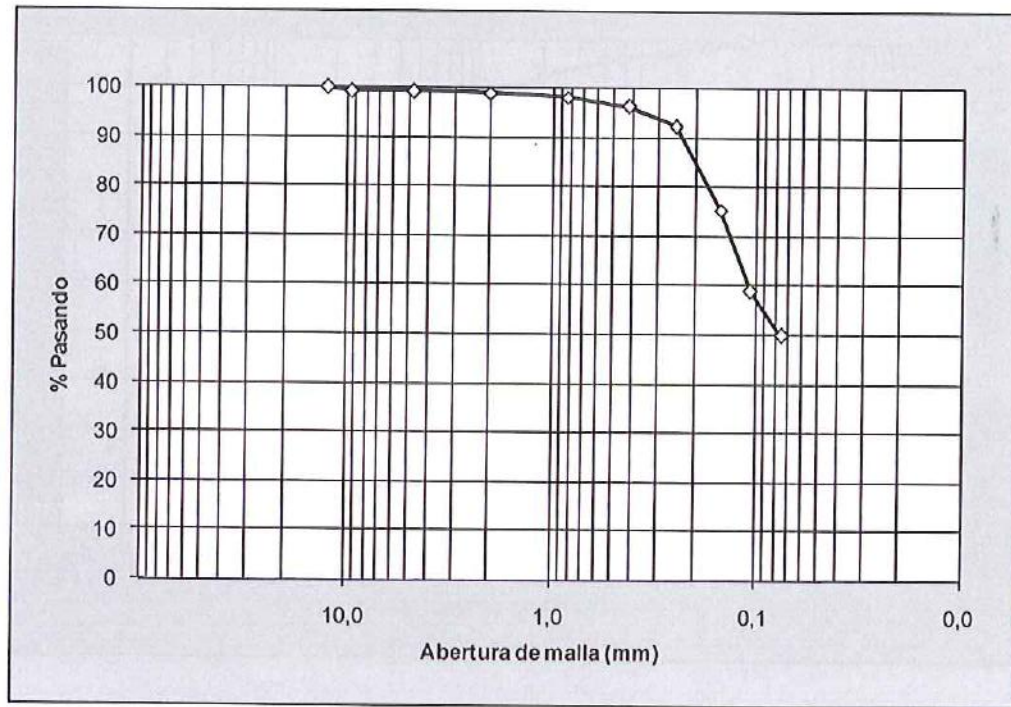
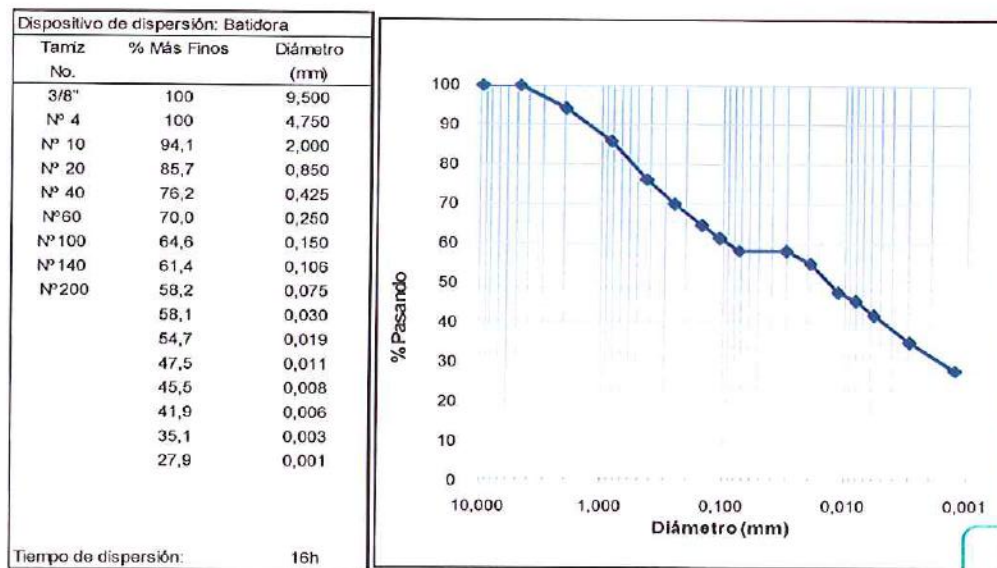


Gráfico 4. Curva granulométrica, muestra M-2376-16.

Tabla 9. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2375-16.

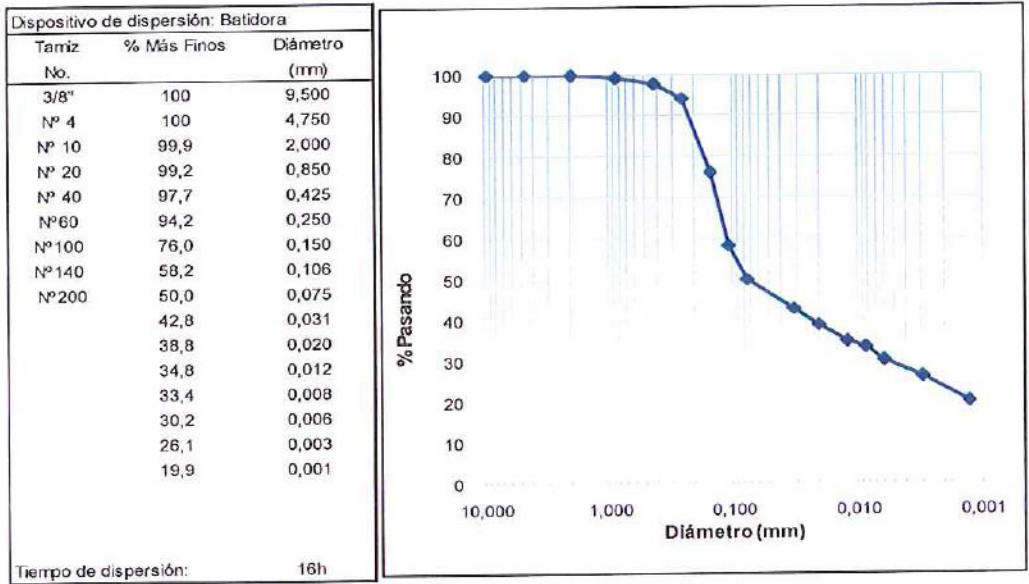


Nota:

- El ensayo del hidrómetro es realizado para todas las muestras con material pasando el tamiz N° 10.

No. de informe: I-1479-16

Tabla 10. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda, muestra M-2376-16.



Nota:

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

Tabla 11. Resultados próctor modificado, muestra 2372-16.

RESULTADOS	
Ensayo	Modificado
Método	C
Contenido de agua óptimo	10,0 %
Densidad seca máxima estándar	2162 kg/m ³
Forma de la superficie	Circular
Densidad máxima ajustada	2243 kg/m ³
Humedad óptima corregida	8,3 %
Corrección sobretamaño	24,1 %
Gravedad Específica	2,54

No. de informe: I-1479-16

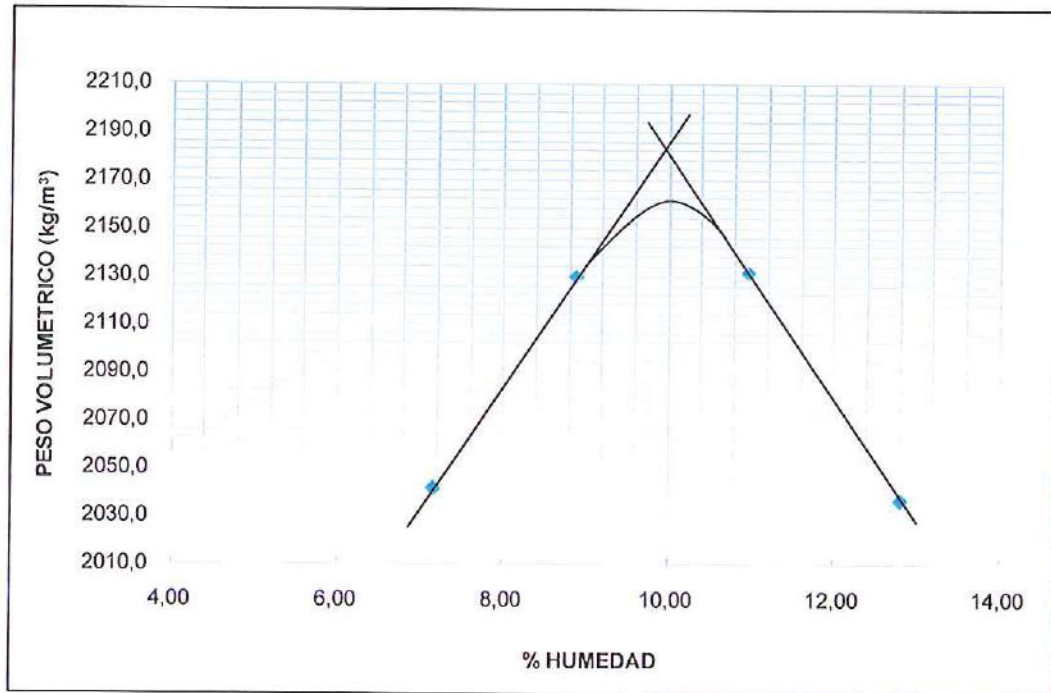


Gráfico 5. Peso volumétrico contra humedad, muestra 2372-16.

Tabla 12. Resultados próctor modificado, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

RESULTADOS	
Ensayo	Modificado
Método	C
Contenido de agua óptimo	10,2 %
Densidad seca máxima estándar	2152 kg/m ³
Forma de la superficie	Circular
Densidad máxima ajustada	2210 kg/m ³
Humedad óptima corregida	9,1 %
Corrección sobretamaño	18,1 %
Gravedad Especifica	2,52

No. de informe: I-1479-16

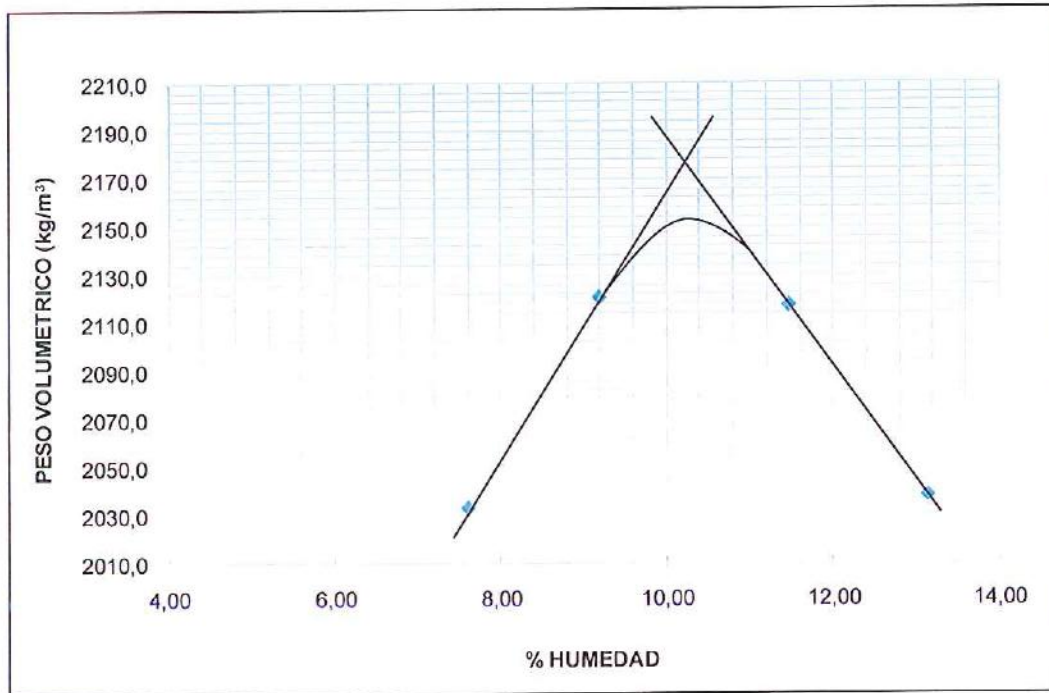


Gráfico 6. Peso volumétrico contra humedad, combinación de la muestra 2373-16 con 2374-16.

No. de informe: I-1479-16

Tabla 13. Resultados de CBR,
combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

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	54	2139	99,4	9,8
25	58	2038	94,7	9,5
10	59	1920	89,2	10,0

MOLDE	% EXPANSIÓN			
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
54	0,04	*	*	0,07
58	0,05	*	*	0,05
59	0,05	*	*	0,00

PENETRACIÓN	ESFUERZO UNITARIO DE COMPACTACIÓN MOLDES		
	54	58	59
(mm)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,64	270	545	467
1,27	1027	965	756
1,91	2214	1538	953
2,54	3560	2076	1114
3,18	4849	2632	1272
3,81	5998	3127	1422
5,08	8001	4013	1701
7,62	11455	5352	2118
10,2	14301	6444	2490
12,7	16721	7436	2877

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	99,4	51,6	77,7	73,0	87,1
25	94,7	30,1	39,0	30,1	39,0
10	89,2	16,1	16,5	16,1	16,5

Notas:

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

No. de informe: I-1479-16

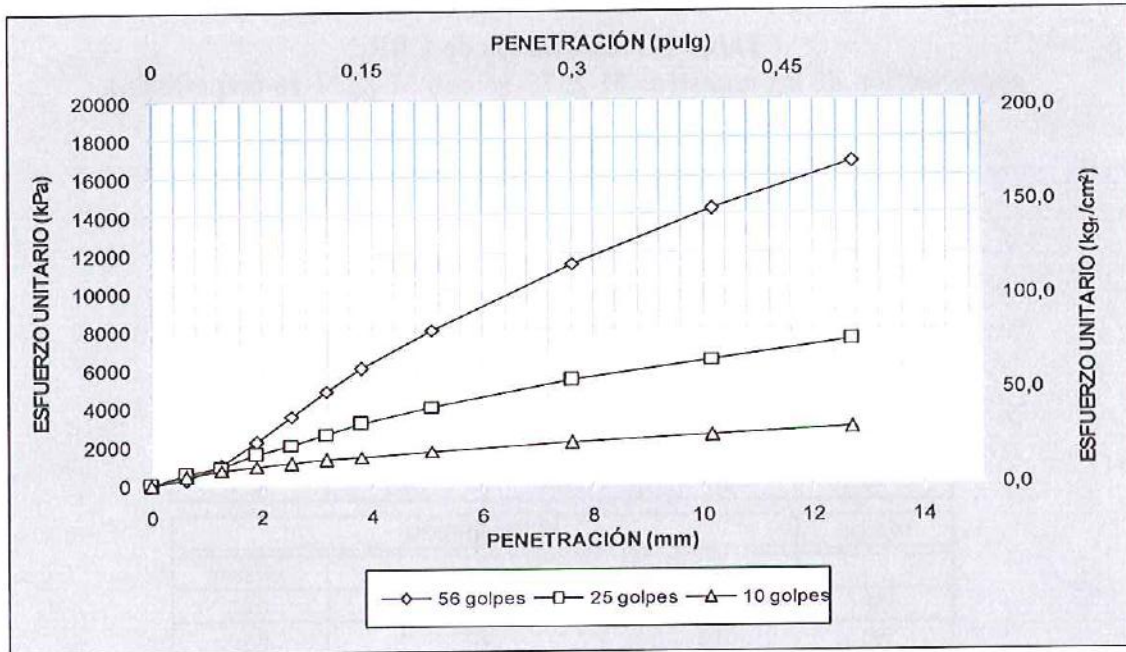


Gráfico 7. Esfuerzo unitario contra penetración, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

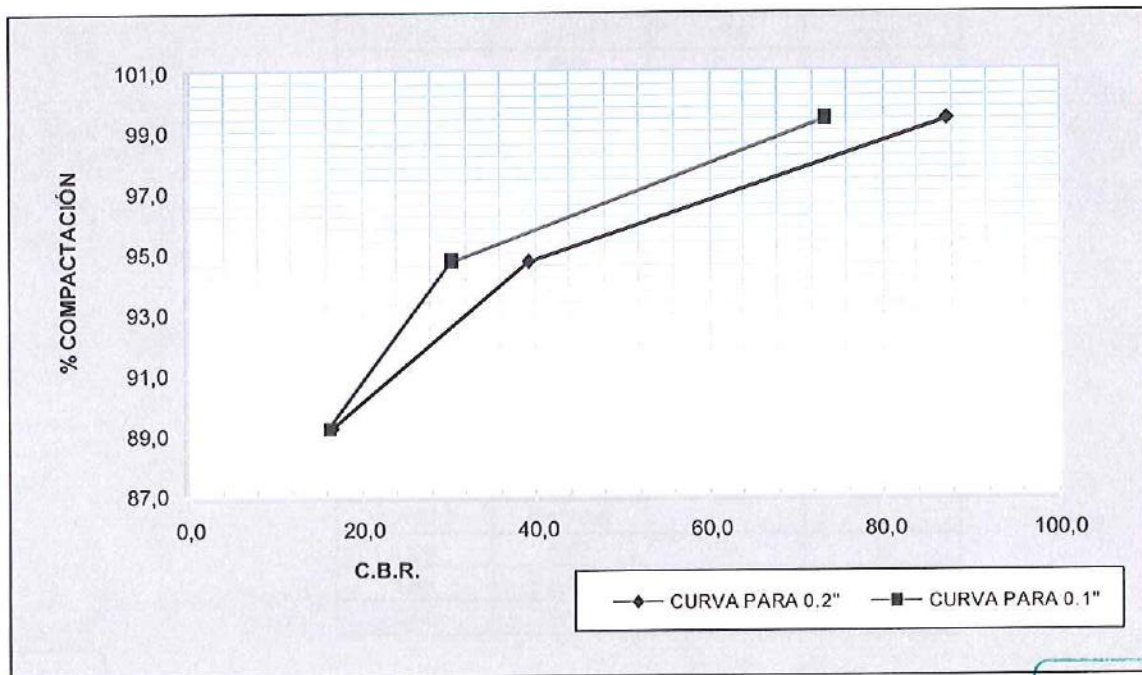


Gráfico 8. Porcentaje de compactación contra CBR, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16.

No. de informe: I-1479-16

Tabla 14. Resultados de CBR,
combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16 (repetición).

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	56	2145	99,7	9,58
25	60	2044	95,0	9,65
10	65	1904	88,5	9,12

MOLDE	% EXPANSIÓN			
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
56	0,06	*	*	0,07
60	0,05	*	*	0,10
65	0,09	*	*	0,09

PENETRACIÓN (mm)	ESFUERZO UNITARIO DE COMPACTACIÓN MOLDES		
	56 (kPa)	60 (kPa)	65 (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,64	1162	782	416
1,27	2034	1260	645
1,91	3024	1890	804
2,54	4102	2537	944
3,18	5227	3249	1053
3,81	6326	3898	1161
5,08	8469	5014	1358
7,62	11845	6551	1730
10,2	14436	7654	2036
12,7	16814	8734	2376

No. GOLPES	C (%)	% CBR CALCULADO	
		0,1 pulg 2,54 mm	0,2 pulg 5,08 mm
56	99,7	59,4	82,2
25	95,0	36,8	48,7
10	88,5	13,7	13,2

Notas:

- (*) No se registran valores pues son lecturas de fin de semana.

No. de informe: I-1479-16

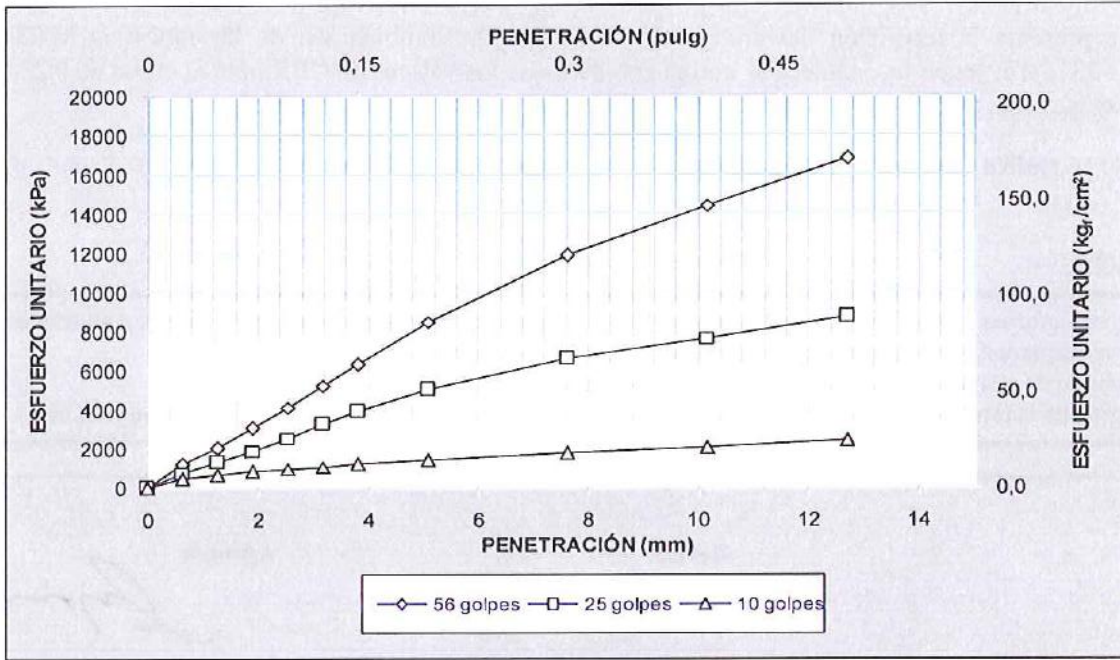


Gráfico 9. Esfuerzo unitario contra penetración, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16 (repetición).

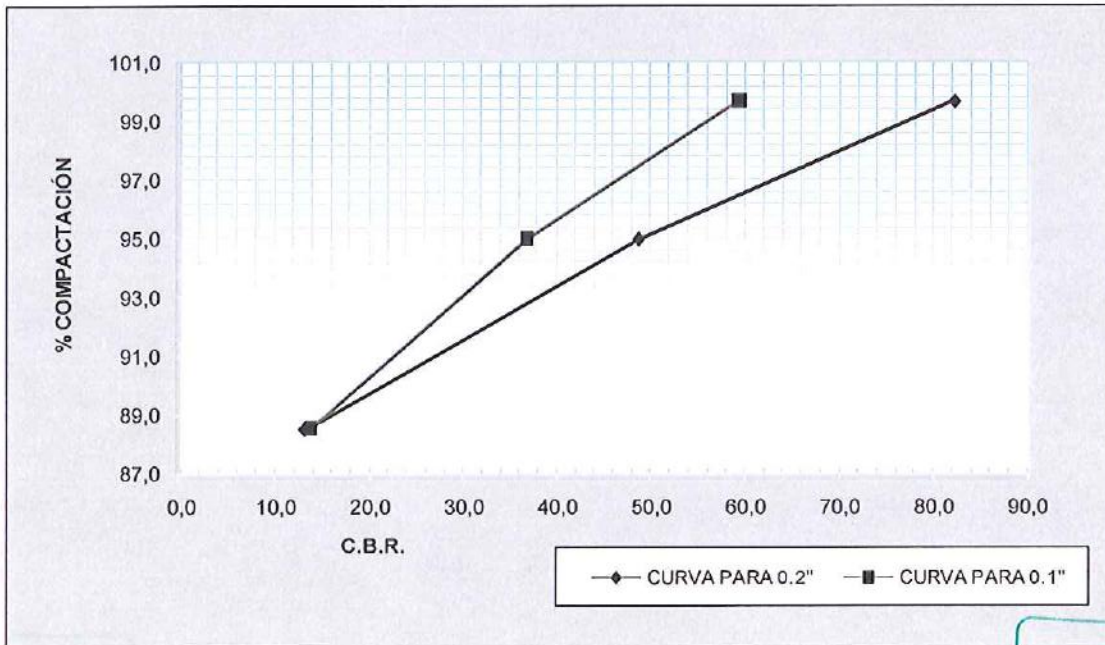


Gráfico 10. Porcentaje de compactación contra CBR, combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16 (repetición).

No. de informe: I-1479-16

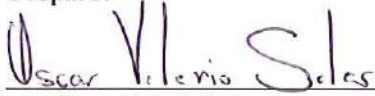
Notas:

- Se presenta la repetición del ensayo de CBR, para la combinación de las muestras M-2373-16 con M-2374-16, según lo establece la norma debido a que los valores de CBR para la curva de 0,2" (5,08 mm) son mayores que los valores para la curva de 0,1" (2,54 mm) de penetración.
- No se realiza CBR para la muestra M-2372-16, porque el material fue insuficiente.

Aclaraciones:

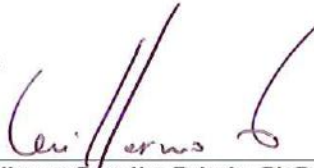
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para las muestras indicadas en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción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

Preparó:



Ing. Oscar Valerio Salas
Jefe Laboratorio de Geotecnia

Revisó:



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

Aprobó:



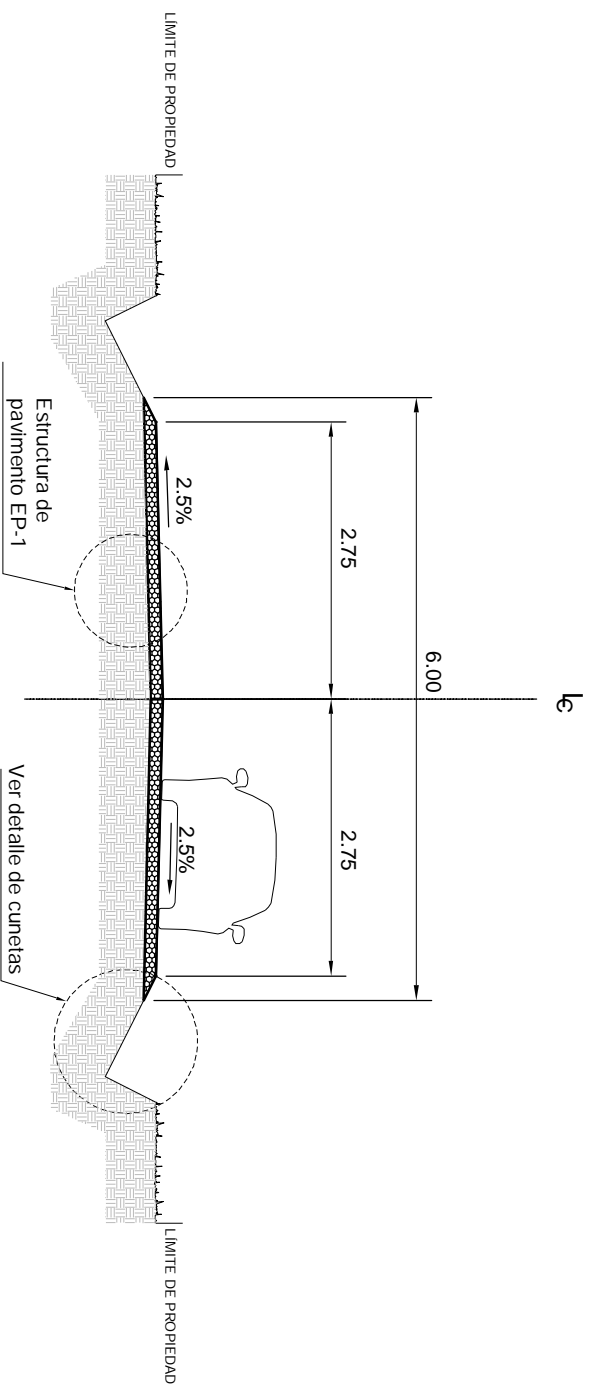
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR

Anexo	Contenido
5	Secciones transversales y estructuras de pavimento Opción 1

Sección Transversal ST-1

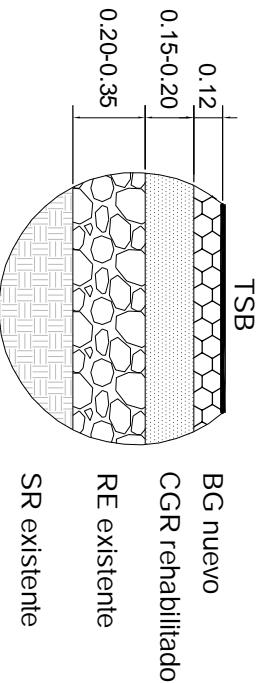
Est 0+000-2+000

Escala 1:1.75



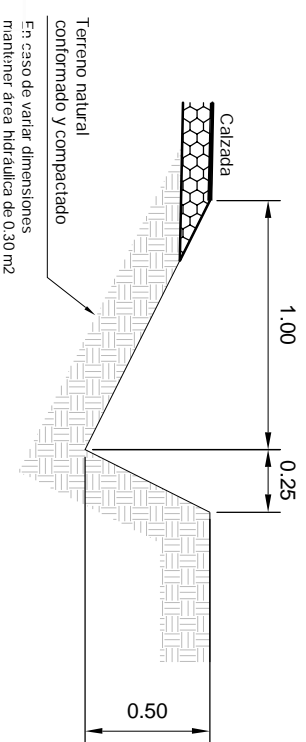
EP-1

Sin escala



DETALLE DE CUNETAS

Sin escala



Camino C1-016-017-00

De: **Puente Río Seco** ~ Límite Cantonal ~ **A: Puente Río Tulin** ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubarens Provincia: San José



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PIIRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

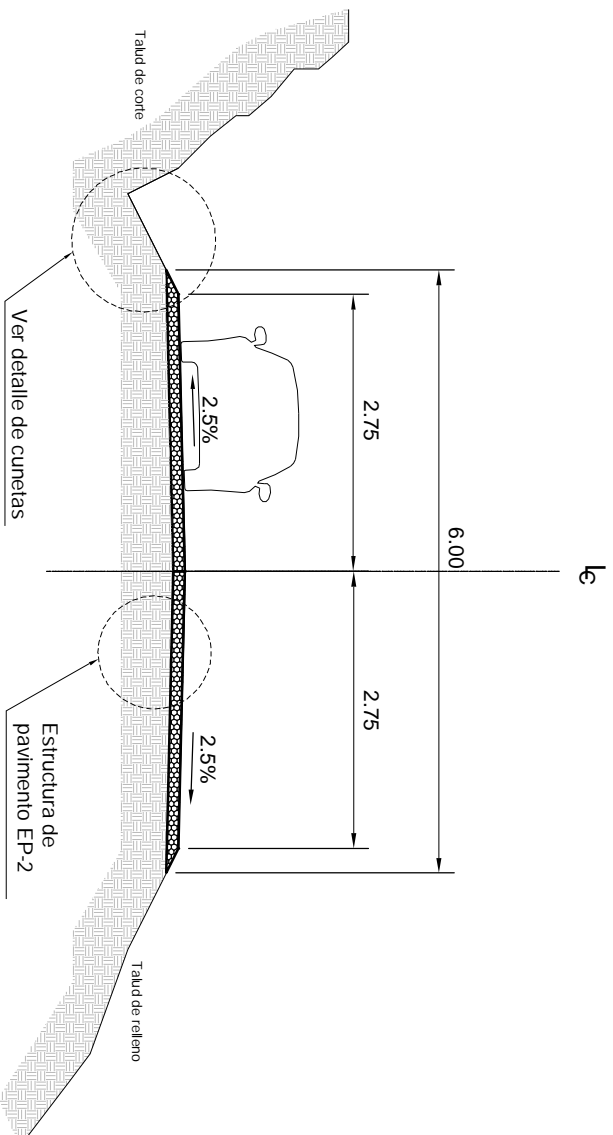
Escala: Indicada

Diciembre 2016

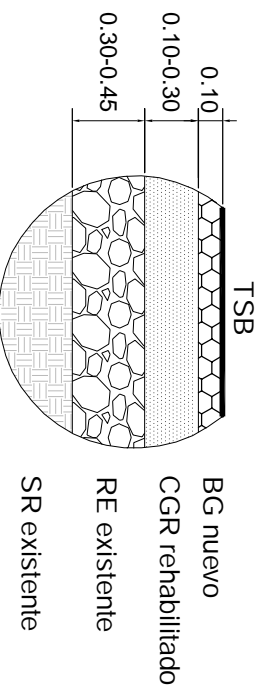
Sección Transversal ST-2

Est 2+000-3+773

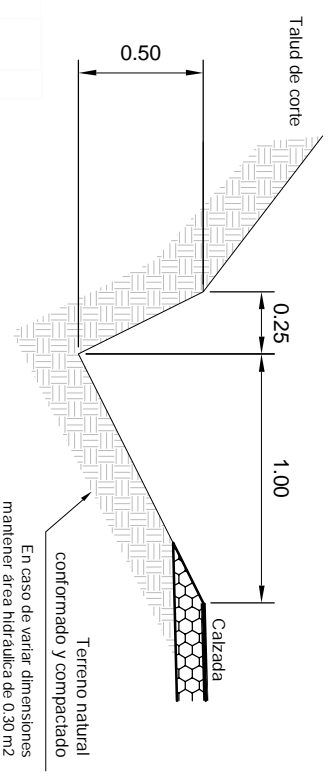
Escala 1:75



EP-2
Sin escala



DETALLE DE CUNETAS
Sin escala



Camino C1-016-017-00

De: Puente Río Seco ~ Límite Cantonal ~ A: Puente Río Tulin ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PIIRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

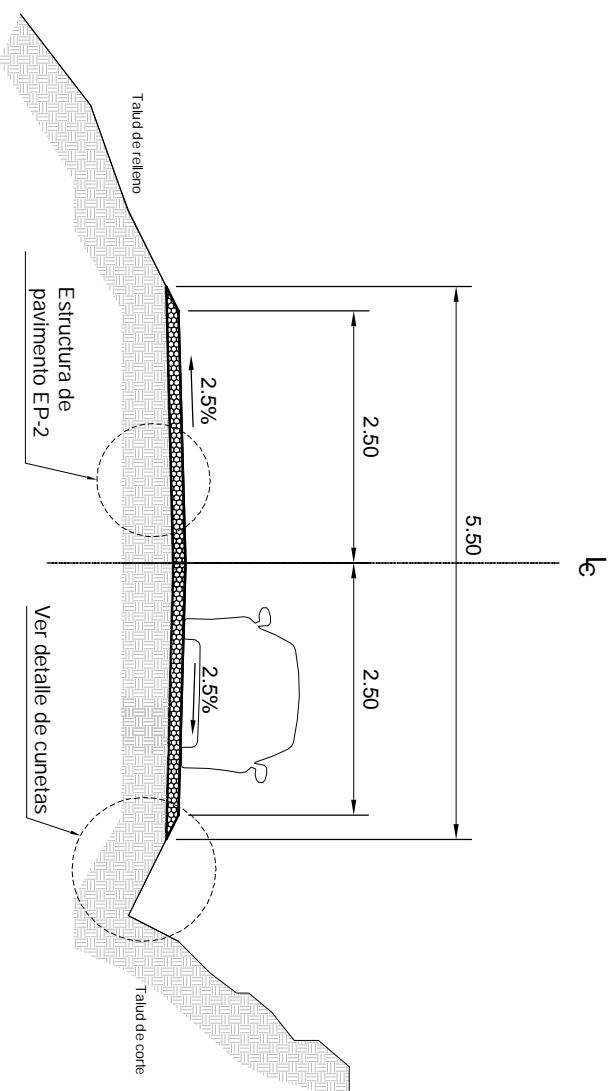
Escala: Indicada

Diciembre 2016

Sección Transversal ST-3

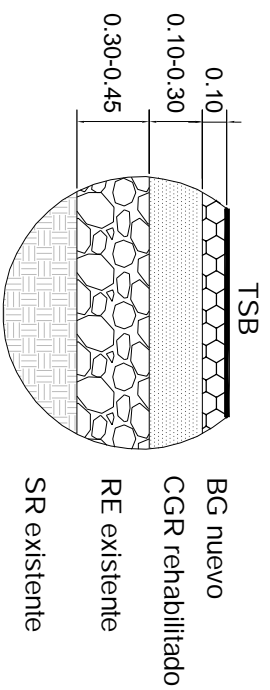
Est 3+773-6+000

Escala 1:75



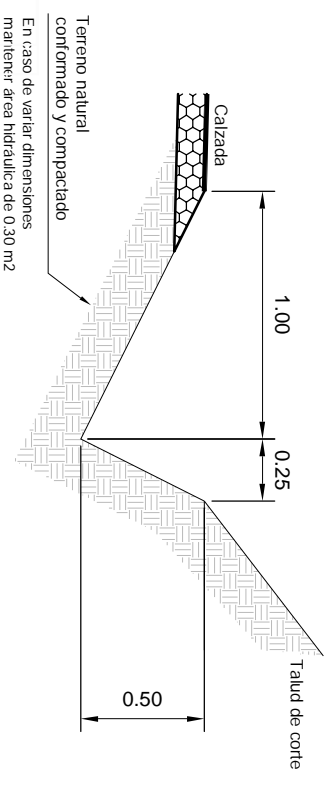
EP-2

Sin escala



DETALLE DE CUNETAS

Sin escala



Camino C1-016-017-00

De: Puente Río Seco ~ Límite Cantonal ~ A: Puente Río Tulin ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PIIRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

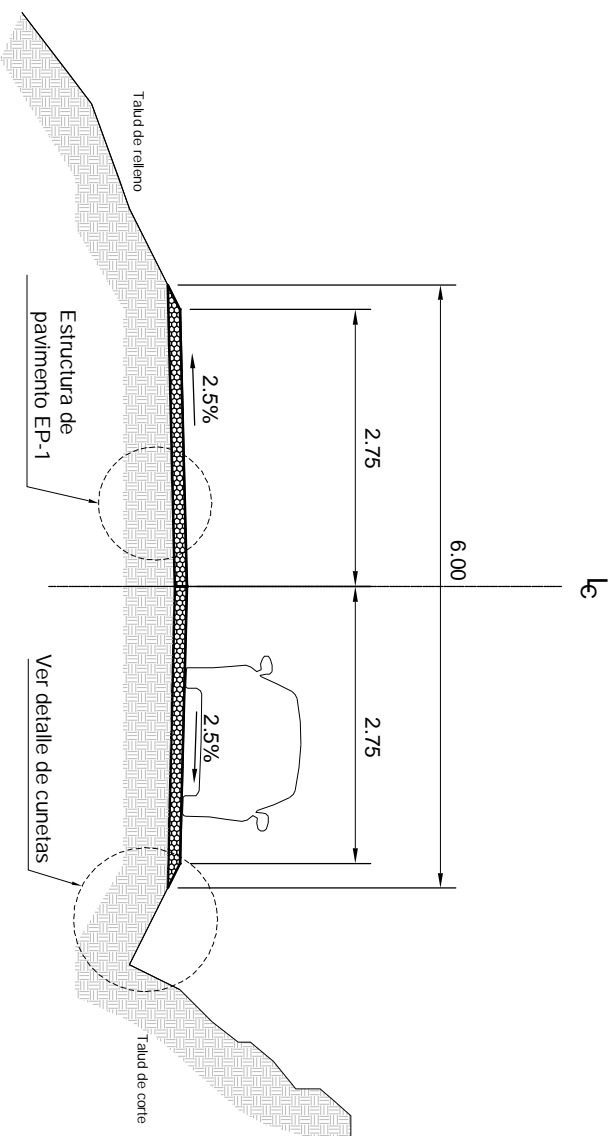
Escala: Indicada

Diciembre 2016

Sección Transversal ST-4

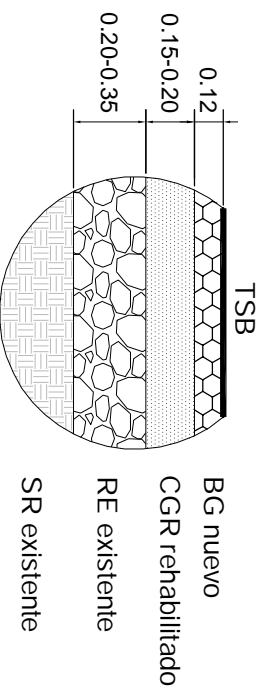
Est 6+000-7+987

Escala 1:75



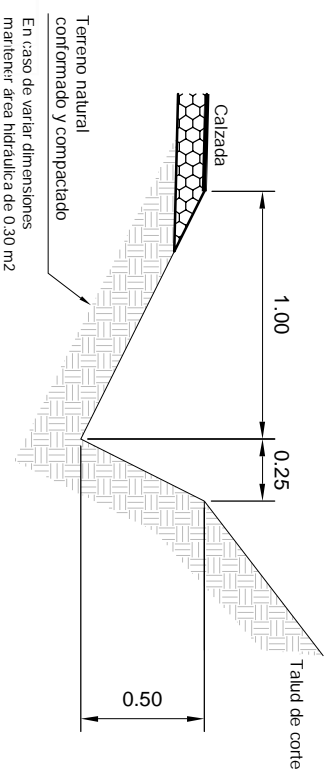
EP-1

Sin escala



DETALLE DE CUNETAS

Sin escala



Camino C1-016-017-00

De: **Puente Río Seco** ~ Límite Cantonal ~ **A: Puente Río Tulin** ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



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

Escala: Indicada

Diciembre 2016

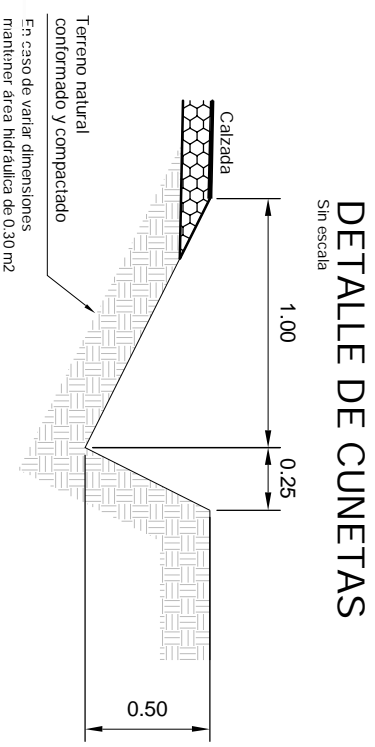
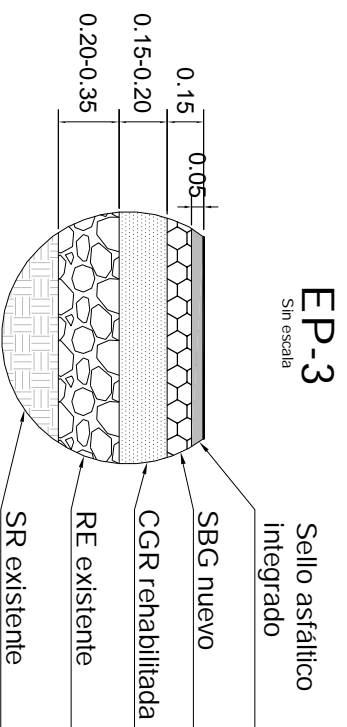
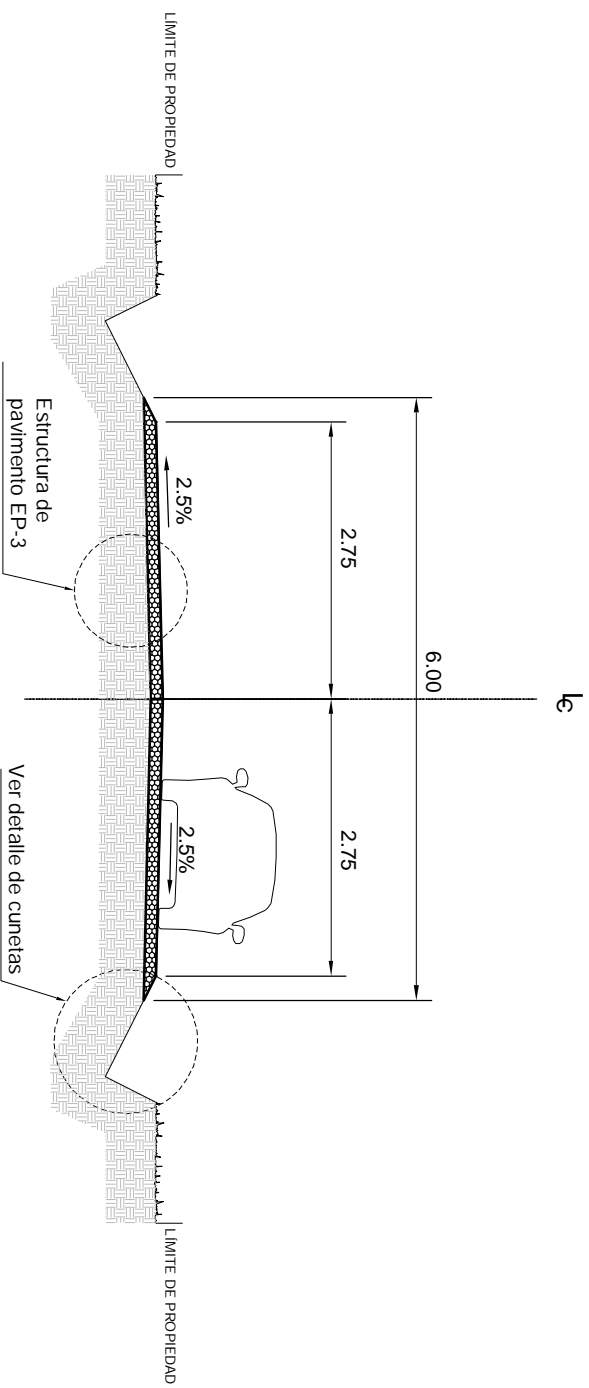


Anexo	Contenido
6	Secciones transversales y estructuras de pavimento Opción 2

Sección Transversal ST-1

Est 0+000-2+000

Escala 1:75



Camino C1-016-017-00

De: Puente Río Seco ~ Límite Cantonal ~ A: Puente Río Tulin ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubarens Provincia: San José



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PIIRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

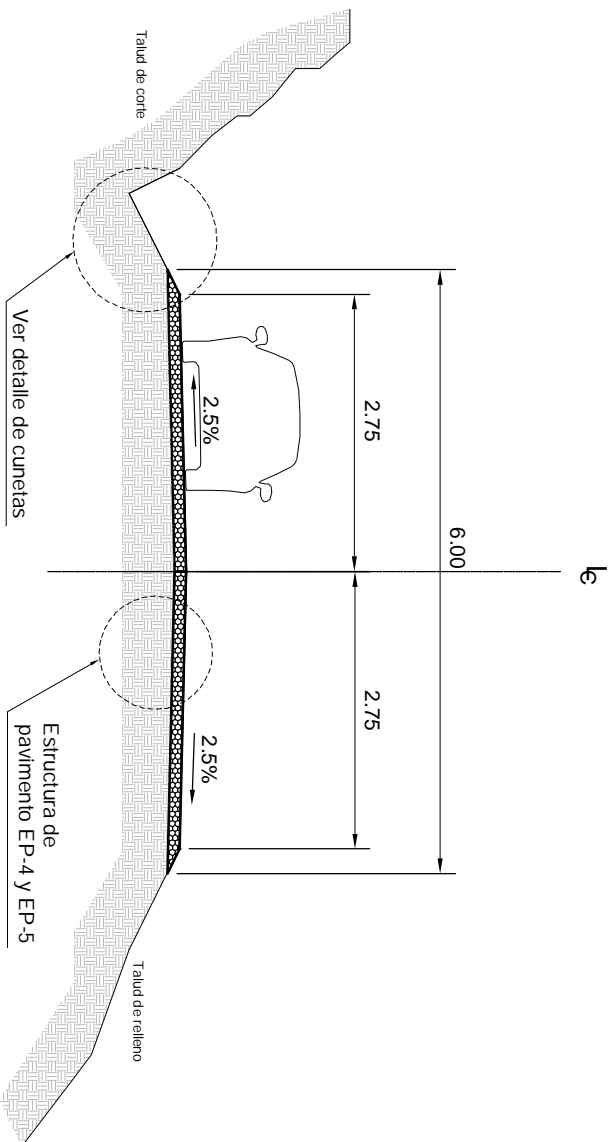
Escala: Indicada

Diciembre 2016

Sección Transversal ST-2

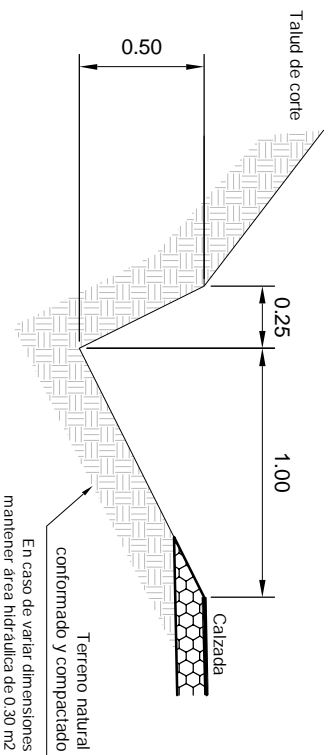
Est 2+000-3+773

Escala 1:75



DETALLE DE CUNETAS

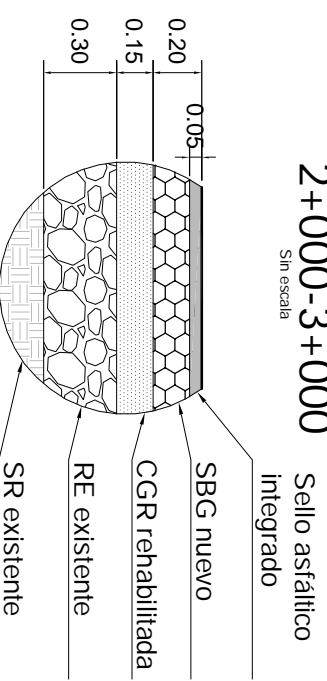
Sin escala



EP-4

2+000-3+000

Sin escala

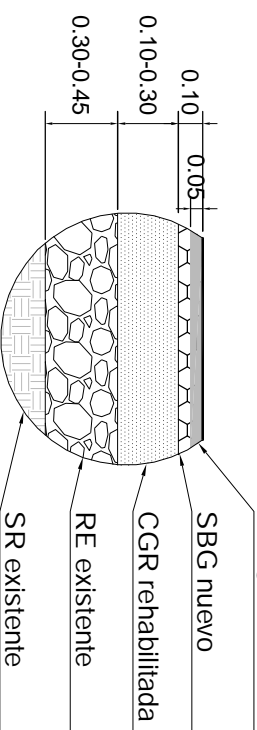


Sello asfáltico integrado

EP-5

3+000-3+773

Sin escala

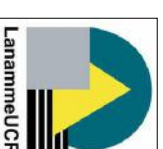


Sello asfáltico integrado

Camino C1-016-017-00

De: **Puente Río Seco** ~ Límite Cantonal ~ **A: Puente Río Tulin** ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PIIRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

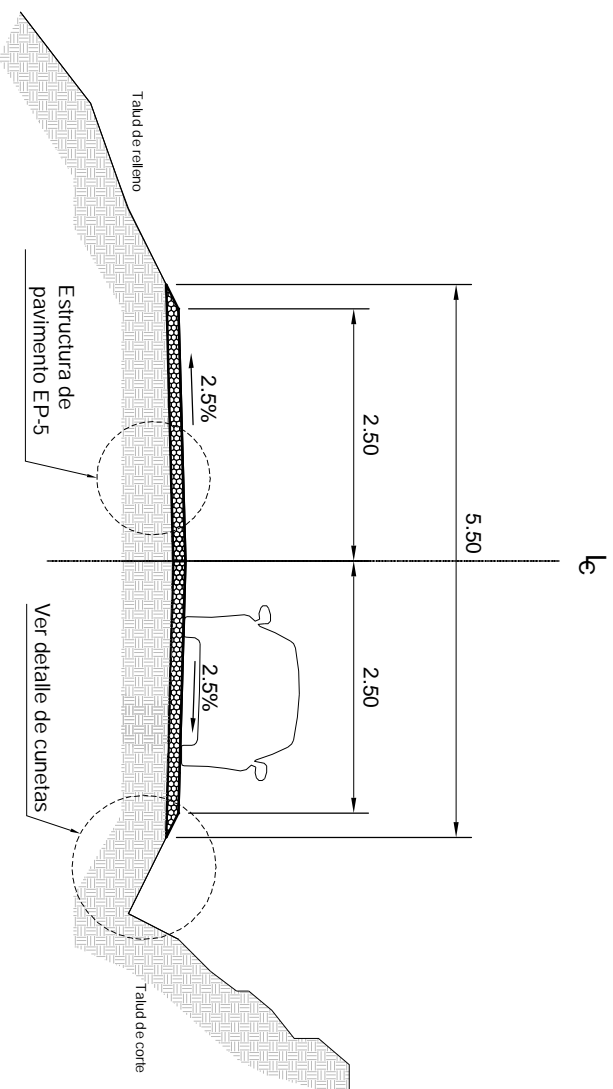
Escala: Indicada

Diciembre 2016

Sección Transversal ST-3

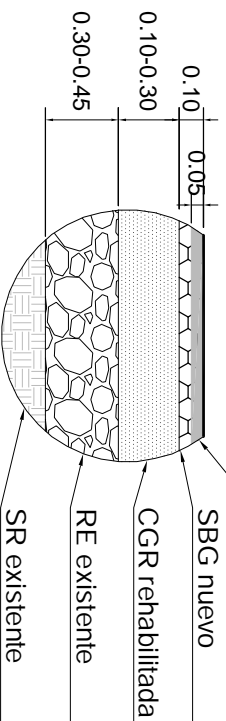
Est 3+773-6+000

Escala 1:75

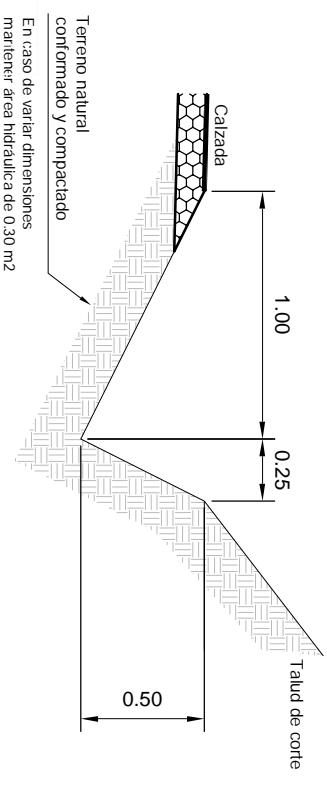


EP-5
Sin escala

Sello asfáltico
Integrado



DETALLE DE CUNETAS
Sin escala



Camino C1-016-017-00

De: Puente Río Seco ~ Límite Cantonal ~ A: Puente Río Tulin ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



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

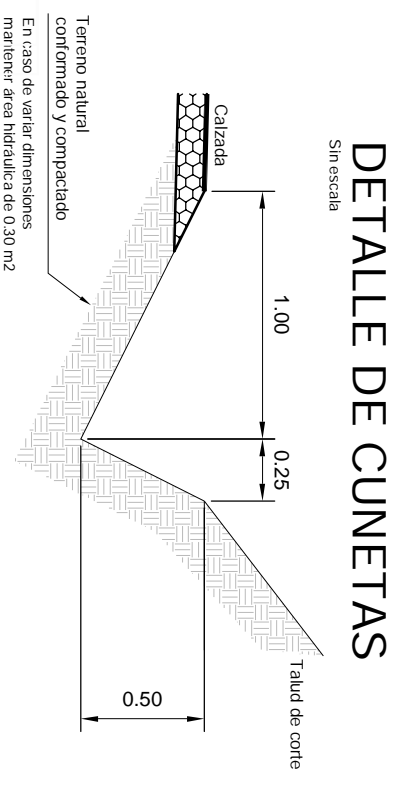
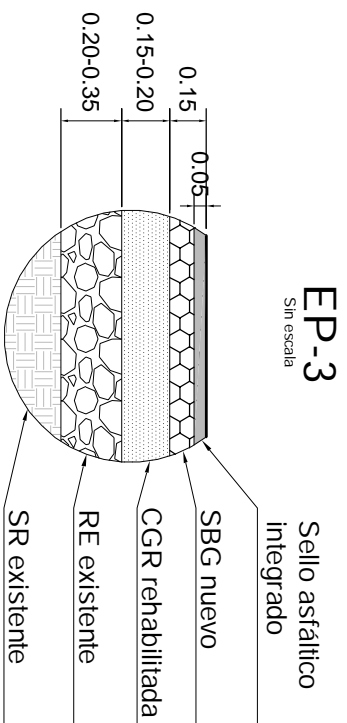
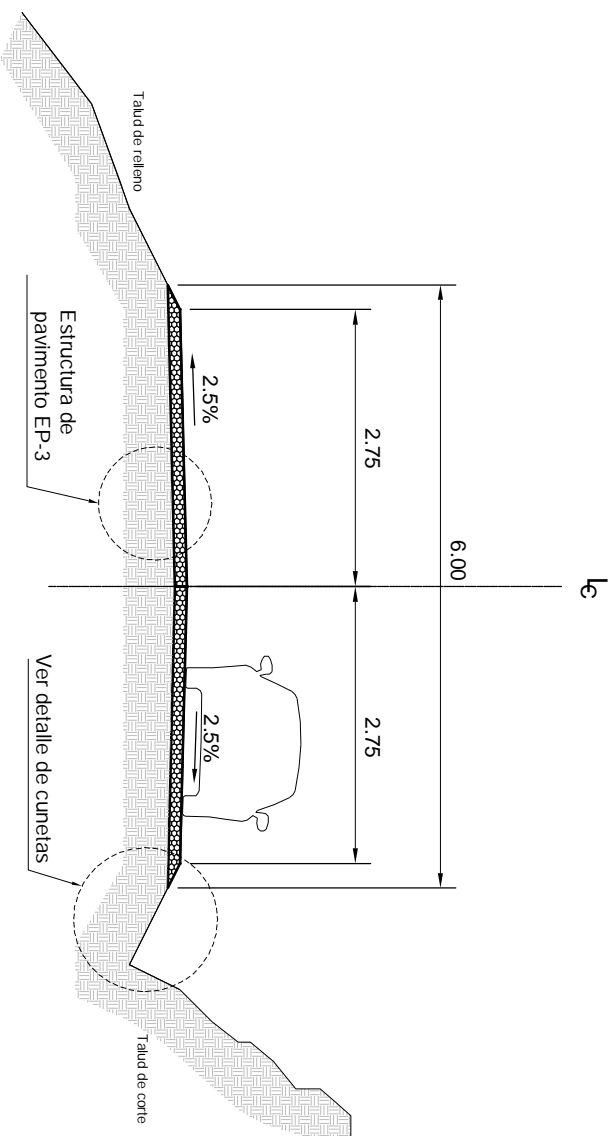
Escala: Indicada

Diciembre 2016

Sección Transversal ST-4

Est 6+000-7+987

Escala 1:75



Camino C1-016-017-00

De: **Puente Río Seco** ~ Límite Cantonal ~ **A: Puente Río Tulin** ~ La Angostura ~

Distrito: Carara Cantón: Turrubares Provincia: San José



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

Escala: Indicada

Diciembre 2016