



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

ASESORÍA TÉCNICA PARA LA
REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS
PRELIMINARES Y
RECOMENDACIONES PARA EL
MEJORAMIENTO DE VARIOS
CAMINOS EN COLONIA
PUNTARENAS, UPALA

LM-PI-GM-INF-07-17

PREPARADO POR
Ulate-Castillo, Alonso



programa de infraestructura
del transporte

San José, Costa Rica
Octubre, 2017

UGM

Unidad de
Gestión Municipal

ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE VARIOS CAMINOS EN COLONIA PUNTARENAS, UPALA.

Ulate-Castillo, Alonso ¹

1. Ingeniero Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR

Palabras Clave: Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño de pavimentos de bajo volumen, Colonia Puntarenas, Upala.

Resumen: La UTGV de la Municipalidad de Upala solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones para el mejoramiento de varios caminos de la localidad de Colonia Puntarenas. Se evaluaron 2.2 km de caminos en la zona, para los cuales se realizaron tres conteos vehiculares, 9 sondeos a cielo abierto, 11 perforaciones con Cono de Penetración Dinámico y se tomaron 9 muestras de suelos que fueron analizados en el laboratorio. De acuerdo a estos resultados, se presentan recomendaciones para el mejoramiento de los caminos evaluados por medio de diseños preliminares de secciones transversales típicas, estructuras de drenaje (cunetas, cordón y caño) y estructuras de pavimento. Estas recomendaciones deberán ser valoradas por parte de la UTGV de la Municipalidad de Upala para definir el diseño final implementar en el sitio, de acuerdo a su capacidad técnica y financiera.

TECHNICAL ADVISORY TO CARRY OUT PRELIMINARY STUDIES AND RECOMMENDATION FOR THE IMPROVEMENT OF VARIOUS ROADS IN COLONIA PUNTARENAS, UPALA.

Ulate-Castillo, Alonso ¹

1. Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR

Keywords: Technical assistance, preliminary studies, low-volume road pavement design, Colonia Puntarenas, Upala.

Summary: The Road Management Technical Unit (UTGV) of Upala Municipality requested the technical assistance of the LanammeUCR to carry out preliminary studies and recommendations for the improvement of several roads in the town of Colonia Puntarenas. A total of 2.2 km of road was evaluated in the area, where 3 vehicular counts, 9 open-pit soil samples and 11 CBR estimation on site with the Dynamic Penetration Cone (DCP) were done, as well as taking 9 soil samples to be analyzed in the laboratory. According to these results, recommendations were made to improve the evaluated roads and are presented through preliminary designs of typical cross sections, drainage structures (ditches and culverts) and pavement structures. These recommendations must be evaluated by the UTGV of Upala Municipality, to define the final design to be implemented on the site, according to its technical and financial capacity.

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-GM-INF-07-2017

Asesoría técnica para realización de estudios preliminares y recomendación para el mejoramiento de varios caminos en Colonia Puntarenas, Upala.

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

**San José, Costa Rica
Octubre, 2017**



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

1. Informe LM-PI-GM-INF-07-2017		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: ASESORÍA TÉCNICA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES Y RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE VARIOS CAMINOS EN COLONIA PUNTARENAS, UPALA.		4. Fecha del Informe Octubre, 2017
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen La UTGV de la Municipalidad de Upala solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones para el mejoramiento de varios caminos de la localidad de Colonia Puntarenas. Se evaluaron 2.2 km de caminos en la zona, para los cuales se realizaron tres conteos vehiculares, 9 sondeos a cielo abierto, 11 perforaciones con Cono de Penetración Dinámico y se tomaron 9 muestras de suelos que fueron analizados en el laboratorio. De acuerdo a estos resultados, se presentan recomendaciones para el mejoramiento de los caminos evaluados por medio de diseños preliminares de secciones transversales típicas, estructuras de drenaje (cunetas, cordón y caño) y estructuras de pavimento. Estas recomendaciones deberán ser valoradas por parte el UTGV de la Municipalidad de Upala para definir el diseño final a implementar en el sitio, de acuerdo a su capacidad técnica y financiera.		
10. Palabras clave Asesoría técnica, estudios preliminares, diseño pavimentos de bajo volumen, Colonia Puntarenas, Upala	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 37
13. Preparado por: Ing. Alonso Ulate Castillo, M.Eng Ingeniero Civil, UGM ALONSO JOSE ULATE CASTILLO (FIRMA) Firmado digitalmente por ALONSO JOSE ULATE CASTILLO (FIRMA) Fecha: 2017.10.24 15:31:01 -06'00' Fecha: / /		
14. Revisado por: Lic. Carlos Campos Cruz, MBA Coordinador UGM CARLOS LUIS CAMPOS CRUZ (FIRMA) Firmado digitalmente por CARLOS LUIS CAMPOS CRUZ (FIRMA) Fecha: 2017.10.24 16:06:00 -06'00' Fecha: / /	Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Firmado digitalmente por MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Fecha: 2017.10.25 09:14:07 -06'00' Fecha: / /	15. Aprobado por: Ing. Luis Guillermo Loría Salazar Ph.D, Coordinador PITRA General  Fecha: / /



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Índice

1. Introducción y antecedentes.....	5
2. Ubicación.....	5
3. Alcance.....	7
4. Limitaciones.....	8
5. Metodología.....	9
6. Evaluación de los caminos.....	11
6.1 Conteos y estimación de tránsito vehicular.....	11
6.2 Sondeos a cielo abierto y caracterización de muestras de suelo subrasante.....	13
6.3 Estimación de CBR en sitio con el DCP.	16
7. Recomendaciones para el mejoramiento de los caminos.	18
7.1 Calles 1, 2, 3, 4 y 5.	19
7.2 Calles B, 8 y 9.....	23
7.3 Calles A, C, 6 y 7.....	28
8. Conclusiones.....	34
9. Recomendaciones.....	35
10. Referencias bibliográficas.....	36
11. Anexos	37



Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los caminos incluidos en el estudio.....	6
Figura 2. Metodología utilizada en el proceso de asesoría técnica.	10
Figura 3. Mapa de ubicación de conteos vehiculares en los caminos evaluados.	12
Figura 4. Mapa de ubicación de los sondeos a cielo abierto.	14
Figura 5. Mapa de ubicación de secciones transversales típicas.	33

Índice de tablas

Tabla 1. Caminos incluidos en la asesoría técnica.....	5
Tabla 2. Resultados de conteos vehiculares y estimación de Ejes Equivalentes (ESAL). 11	
Tabla 3. Muestreo de suelos de subrasante en sondeos a cielo abierto.	13
Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de granulometría realizados a los suelos. .	15
Tabla 5. Resumen de resultados de caracterización de materiales muestreados.	16
Tabla 6. Resumen de datos de sondeos a cielo abierto.....	17
Tabla 7. Especificaciones generales de los materiales utilizados en el diseño.....	19
Tabla 8. Variables de entrada para diseño de pavimentos para las Calles 1, 2, 3, 4 y 5. 20	
Tabla 9. Cálculo de espesores de pavimento para Calles 1, 2, 3, 4 y 5.	21
Tabla 10. Verificación de desempeño para pavimento de las Calles 1, 2, 3, 4 y 5.	21
Tabla 11. Recomendación de mejoramiento para Calles 1, 2, 3, 4 y 5.....	22
Tabla 12. Variables de entrada para diseño de pavimentos de Calles B, 8 y 9.	24
Tabla 13. Cálculo de espesores de pavimento camino de Calles B, 8 y 9.....	25
Tabla 14. Verificación de desempeño para pavimento de Calles B, 8 y 9.	25
Tabla 15. Recomendación de mejoramiento para las Calles B y 8.....	26
Tabla 16. Recomendación de mejoramiento para la Calle 9 (2-13-135).....	27
Tabla 17. Variables de entrada para diseño de pavimentos de Calles A, C, 6 y 7.....	29
Tabla 18. Cálculo de espesores de pavimento de Calles A, C, 6 y 7.	30
Tabla 19. Verificación de desempeño para pavimento de Calles A, C, 6 y 7.....	30
Tabla 20. Recomendación de mejoramiento para Calle C.	31
Tabla 21. Recomendación de mejoramiento para las Calles A, 6 y 7.....	32



1. Introducción y antecedentes.

La Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGV) de la Municipalidad de Upala solicitó la asesoría técnica del LanammeUCR para realizar estudios preliminares y recomendaciones para el mejoramiento de varios caminos de la localidad de Colonia Puntarenas. La Unidad de Gestión Municipal (UGM) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR realizó los trabajos de asesoría solicitados, de conformidad con el inciso j) del art. 6 de la ley N° 8114. Las actividades realizadas incluyen conteos vehiculares con equipo automático (radar) en las vías indicadas, sondeos a cielo abierto para medición de espesores, muestreo de material existente en las vías y ensayos de campo para estimar la capacidad de soporte (CBR en sitio) con el Cono de Penetración Dinámico (DCP), análisis de resultados de ensayos de campo y laboratorio y finalmente las recomendaciones para el mejoramiento de las vías indicadas.

2. Ubicación

Se evaluó una longitud total 2.2 km de caminos de las calles urbanas-cuadrantes de la localidad de Colonia Puntarenas, como se muestra en la Tabla 1 y el mapa de la Figura 1.

Tabla 1. Caminos incluidos en la asesoría técnica.

Código	Ubicación	Nombre	Longitud (m)
C2-13-149	De: Calles Urbanas_Cuadrantes A: Colonia Puntarenas	Calle A	400
		Calle B	240
		Calle C	360
		Calle 1	93
		Calle 2	90
		Calle 3	127
		Calle 4	110
		Calle 5	130
		Calle 6	120
		Calle 7	125
		Calle 8	120
C2-13-135	De: (Ent.N04) Colonia Puntarenas A: (Ent.C.98) Los Tijos	Calle 9	290
Total			2 205

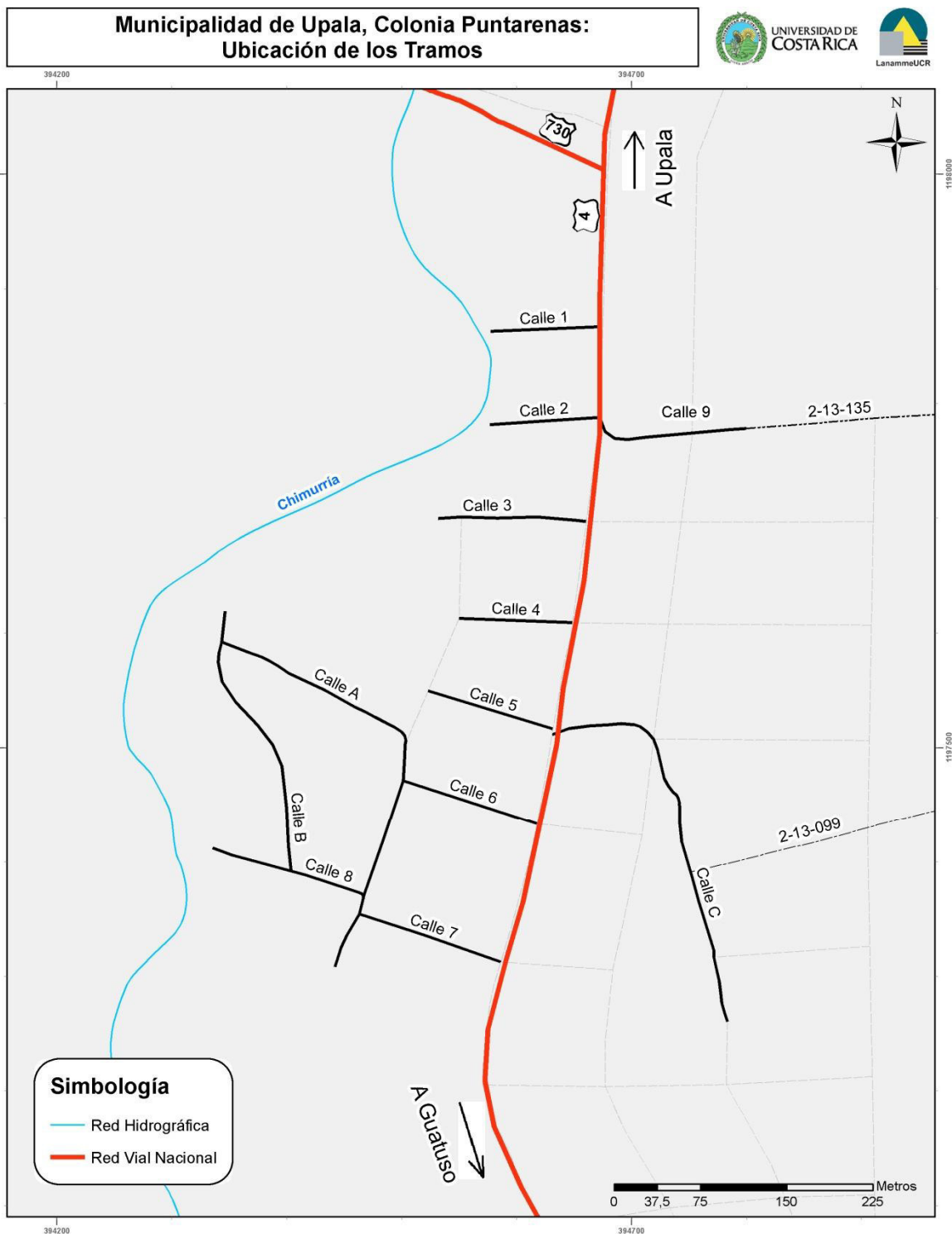


Figura 1. Mapa de ubicación de los caminos incluidos en el estudio.



3. Alcance

- Este estudio se realizó en los caminos C2-13-149 Cuadrantes Urbanos Colonia Puntarenas y una sección de 290 m del camino C2-13-038 hacia los Tijos. En el mapa de la Figura 1 se observa las secciones y longitudes de caminos evaluadas.
- Las secciones de cada camino que fueron evaluadas se definieron en conjunto con los funcionarios de la UTGV de la Municipalidad de Upala de acuerdo a sus requerimientos y necesidades técnicas.
- Las recomendaciones de intervención incluidas en este informe se ajustan a los resultados de los estudios de campo y ensayos de laboratorio realizados (conteos vehiculares, sondeos a cielo abierto, mediciones con el DCP y ensayos de caracterización de suelos en laboratorio). Además, se aplican las especificaciones de referencia del CR-2010, que se deben cumplir para los materiales a rehabilitar y nuevos.
- En este informe se incluyen los resultados del proceso de evaluación y las recomendaciones de intervención de los caminos indicados, de acuerdo al criterio técnico del LanammeUCR. Sin embargo, el diseño final deberá ser planteado por la UTGV de la Municipalidad de Upala, de acuerdo a su criterio técnico y presupuesto disponible, por medio de planos constructivos y especificaciones técnicas detalladas para la ejecución de los proyectos correspondientes.
- Se realizan las recomendaciones de intervención de los caminos, asumiendo que luego de planteado el diseño final por parte de la UTGV de la Municipalidad de Upala, la fase constructiva se ejecutará de manera continua y sin interrupciones, cumpliendo con las especificaciones indicadas para los materiales y procesos constructivos, así como la aplicación de buenas prácticas de ingeniería, lo cual deberá ser comprobado por medio de una proceso de control y verificación de calidad.
- El diseño de las estructuras de pavimento se realizó por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, y se verificó su desempeño por medio de las recomendaciones indicadas en el documento *LM-PI-GM-INF-22-2014*



Recomendaciones Técnicas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con la Incorporación de Criterios Mecánico-Empíricos del LanammeUCR, que se basa en la Guía MEPDG de la AASHTO. Estas metodologías fueron generadas para materiales, condiciones climáticas y cargas vehiculares de otros países o regiones que podrían diferir de las condiciones y materiales encontrados y a incorporar en las vías estudiadas.

4. Limitaciones

- Las recomendaciones para el mejoramiento de los caminos se ajustan a las dimensiones mínimas requeridas en cuanto a la superficie de ruedo y derecho de vía disponible, según lo observado en sitio por el LanammeUCR. Esto deberá ser verificado (anchos de derecho de vía, superficie de ruedo y espesores de grava existente) por parte de la UTGV de la Municipalidad de Upala, de acuerdo a su registro vial y demás condiciones particulares que considere necesarias previo a la ejecución de un eventual proyecto de construcción para estos caminos.
- Se realizaron conteos vehiculares con equipo automático (radar) de 24 horas en el mes de junio 2017 para estimar el tránsito vehicular de los caminos estudiados, sin embargo, podrían existir variaciones estacionales no captadas por estas mediciones. Además, se utilizó factores camión de las rutas nacionales más cercanas para estimar las cargas vehiculares (ESAL) dado que no se cuenta con referencia al respecto en la red vial cantonal de nuestro país.
- Las recomendaciones relacionadas con el mejoramiento o estabilización de materiales granulares y suelos existentes se realizan de acuerdo a las características observadas en sitio y a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados, sin embargo la UTGV de la Municipalidad de Upala deberá verificar por medio de un diseño de mezcla de material granular o suelo con cal hidratada o con cemento hidráulico, para determinar las dosificaciones requeridas para alcanzar las resistencias propuestas en este documento.



- Las recomendaciones de estructuras de drenaje pluvial (cunetas, cordón y caño) se realizan como componentes estándar fundamentales de las secciones transversales de los caminos, sin embargo se la UTGV de la Municipalidad de Upala deberá verificar su implementación por medio de un diseño del sistema de evacuación de aguas pluviales que cuente con los tragantes, pozos, tuberías, pasos de alcantarilla y descargas correspondientes.

5. Metodología

El proceso de asesoría técnica se llevó a cabo siguiendo la secuencia de actividades que se muestra en el diagrama de la Figura 2.

La información de campo es generada por personal profesional y técnico del LanammeUCR, quienes realizaron los conteos vehiculares, mediciones con DCP y sondeos a cielos abierto con colaboración del personal y equipo municipal y de la localidad de Colonia Puntarenas.

Los conteos vehiculares se realizan con equipo automático tipo radar, que tienen la capacidad de clasificar el tránsito en cinco categorías. Los sondeos a cielos abierto, se excavaron con equipo (retroexcavador *back hoe*) y personal municipal y de la comunidad. Se realiza medición de espesores de capas granulares existentes, se tomaron muestras de los suelos de subrasante existentes y se realizan ensayos con el Cono de Penetración Dinámico (DCP, por sus siglas en inglés).

Se realizan ensayos de laboratorio para caracterizar, las muestras de suelo obtenidas en los sitios de sondeo, los cuales se clasifican de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y a la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) de Estados Unidos de América. Se estima el Tránsito Promedio Diario (TPD) y se estimaron las cargas vehiculares en Ejes Equivalentes de Diseño (ESAL). Se estimó el aporte en la capacidad de soporte (CBR en sitio) de la capas de material granular y suelo existente en las vías a partir de los ensayos de DCP.



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

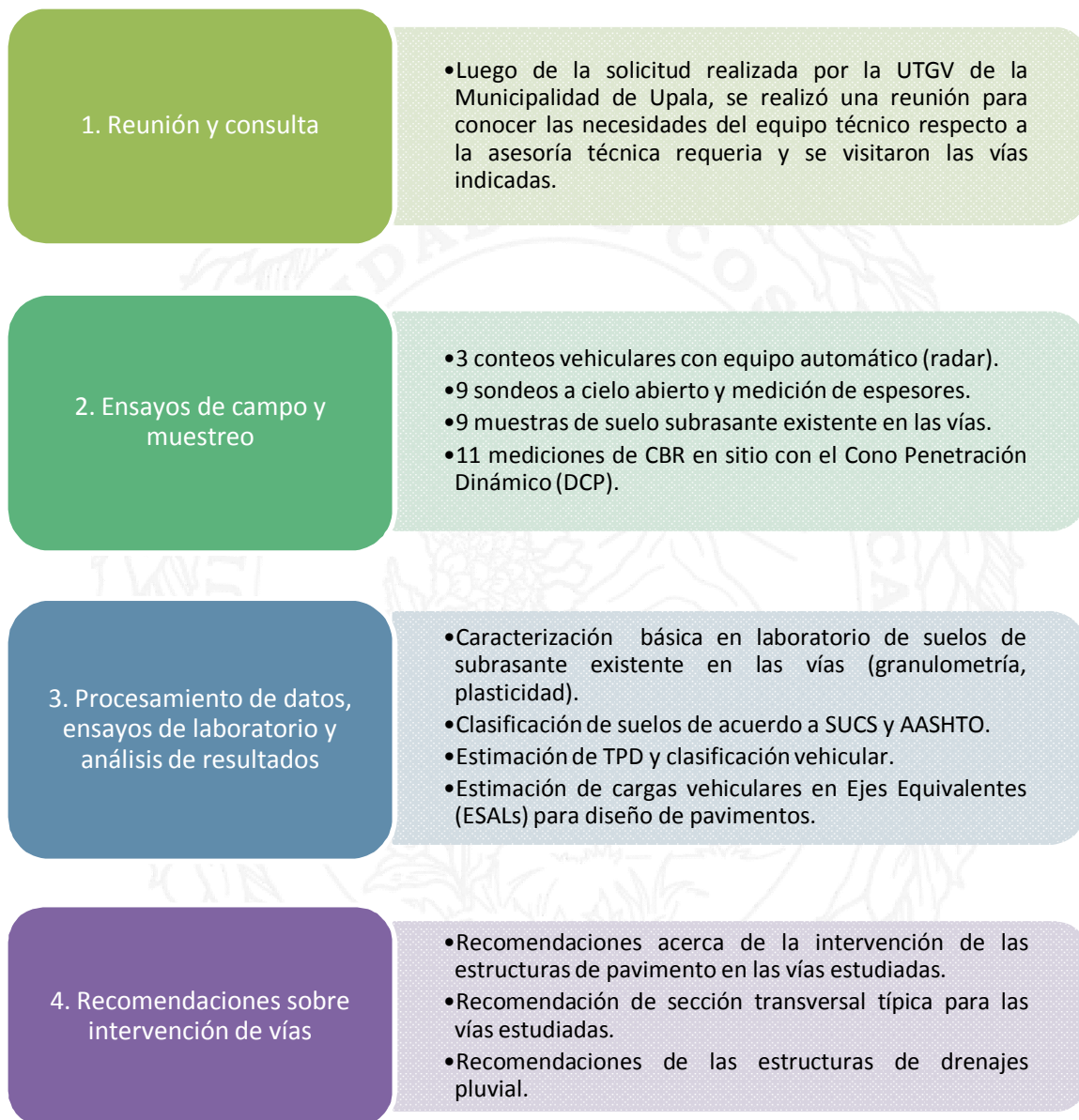


Figura 2. Metodología utilizada en el proceso de asesoría técnica.



6. Evaluación de los caminos.

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

6.1 Conteos y estimación de tránsito vehicular.

Se realizaron tres conteos vehiculares con equipo de radar, cuyos resultados se adjuntan en el Anexo 1. La ubicación de los conteos se puede observar en el mapa de la Figura 3. Los resultados de la estimación de tránsito vehicular y Ejes Equivalentes (ESAL) se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de conteos vehiculares y estimación de Ejes Equivalentes (ESAL).

Cuento	Ubicación	TPD	% pesados	ESAL		
				8 años	10 años	12 años
1	Calle 6	311	13.2%	37,491	48,850	61,137
2	Calle C	464	19.6%	79,806	103,987	130,141
3	Calle 7	264	19.3%	65,666	85,563	107,083

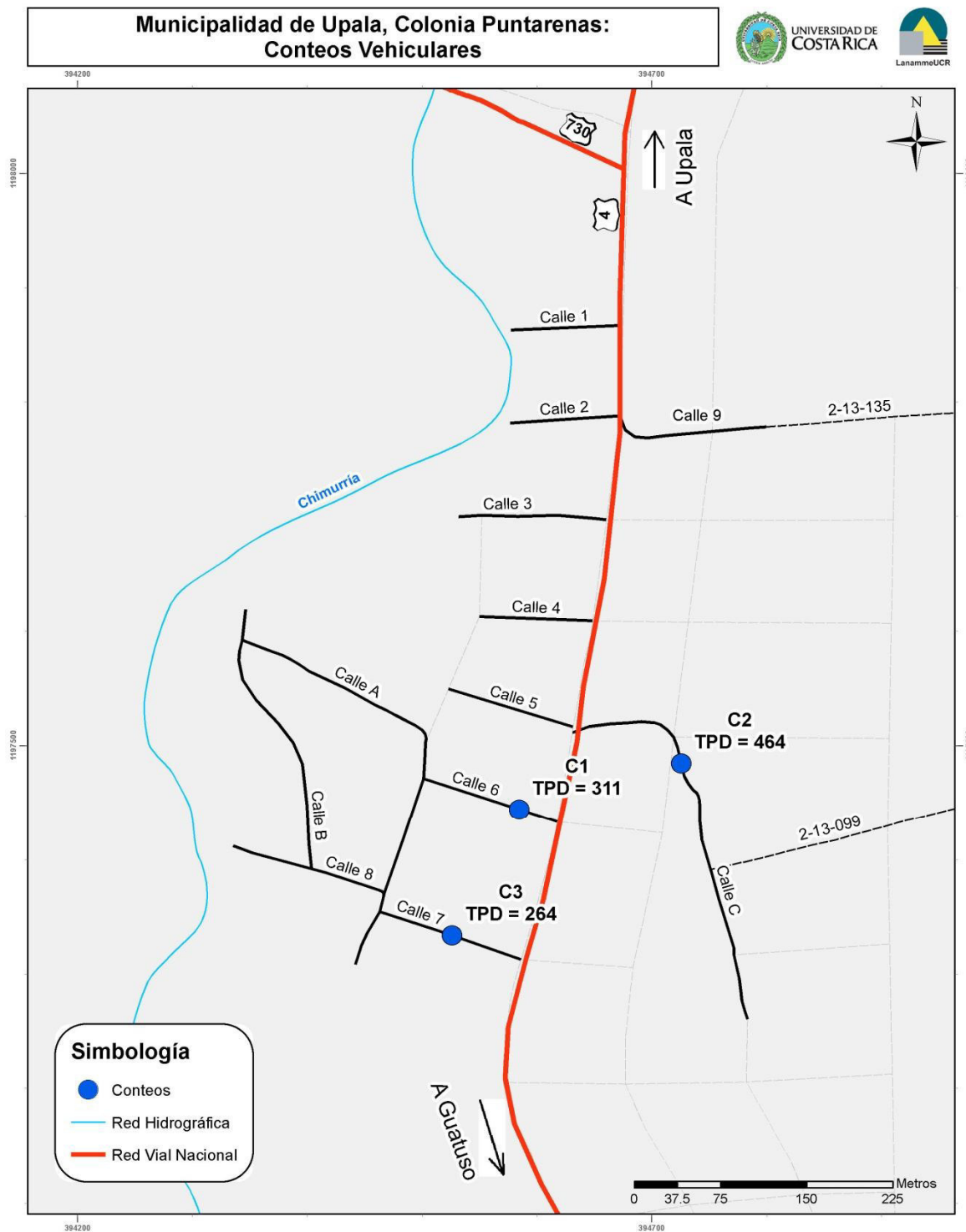


Figura 3. Mapa de ubicación de conteos vehiculares en los caminos evaluados.



6.2 Sondeos a cielo abierto y caracterización de muestras de suelo subrasante.

Se realizaron nueve sondeos a cielo abierto en los caminos de Colonia Puntarenas, en las ubicaciones mostradas en el mapa de la Figura 4. Los datos registrados en el sitio de cada sondeo se pueden observar en los formularios del Anexo 2.

Los sondeos a cielo abierto o calicatas se excavaron hasta llegar a la profundidad donde se encontrara el suelo de subrasante o hasta una profundidad máxima de 1 m. Durante esta actividad, se midieron los espesores de las capas de grava o suelo existentes, se realizó una caracterización visual in situ 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 in situ) por medio del Cono de Penetración Dinámico (DCP).

La Tabla 3 resume el muestreo de materiales durante los sondeos a cielo abierto. Los informes de laboratorio I-0359-14 y I-0413-14 que se adjuntan en el Anexo 3 contienen el detalle de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo de los sondeos. En las Tabla 4 y 9 se resume de los resultados de caracterización, de acuerdo a los ensayos básicos de Análisis Granulométrico y Límites de Atterberg respectivamente, cuyos resultados se utilizaron para clasificarlos por medio de las metodologías SUCS y ASSHTO.

Tabla 3. Muestreo de suelos de subrasante en sondeos a cielo abierto.

Sondeo	Ubicación	Materiales muestreados	Número de muestra
1	Calle 2	Material de subrasante (suelo)	0457-14
2	Calle 4	Material de subrasante (suelo)	0458-14
3	Calle 6	Material de subrasante (suelo)	0459-14
4	Calle 7	Material de subrasante (suelo)	0460-14
5	Calle A	Material de subrasante (suelo)	0461-14
6	Calle 8	Material de subrasante (suelo)	0462-14
7	Calle C	Material de subrasante (suelo)	0463-14
8	Calle C	Material de subrasante (suelo)	0464-14
9	Calle 9	Material de subrasante (suelo)	0465-14



Municipalidad de Upala, Colonia Puntarenas: Sondeos

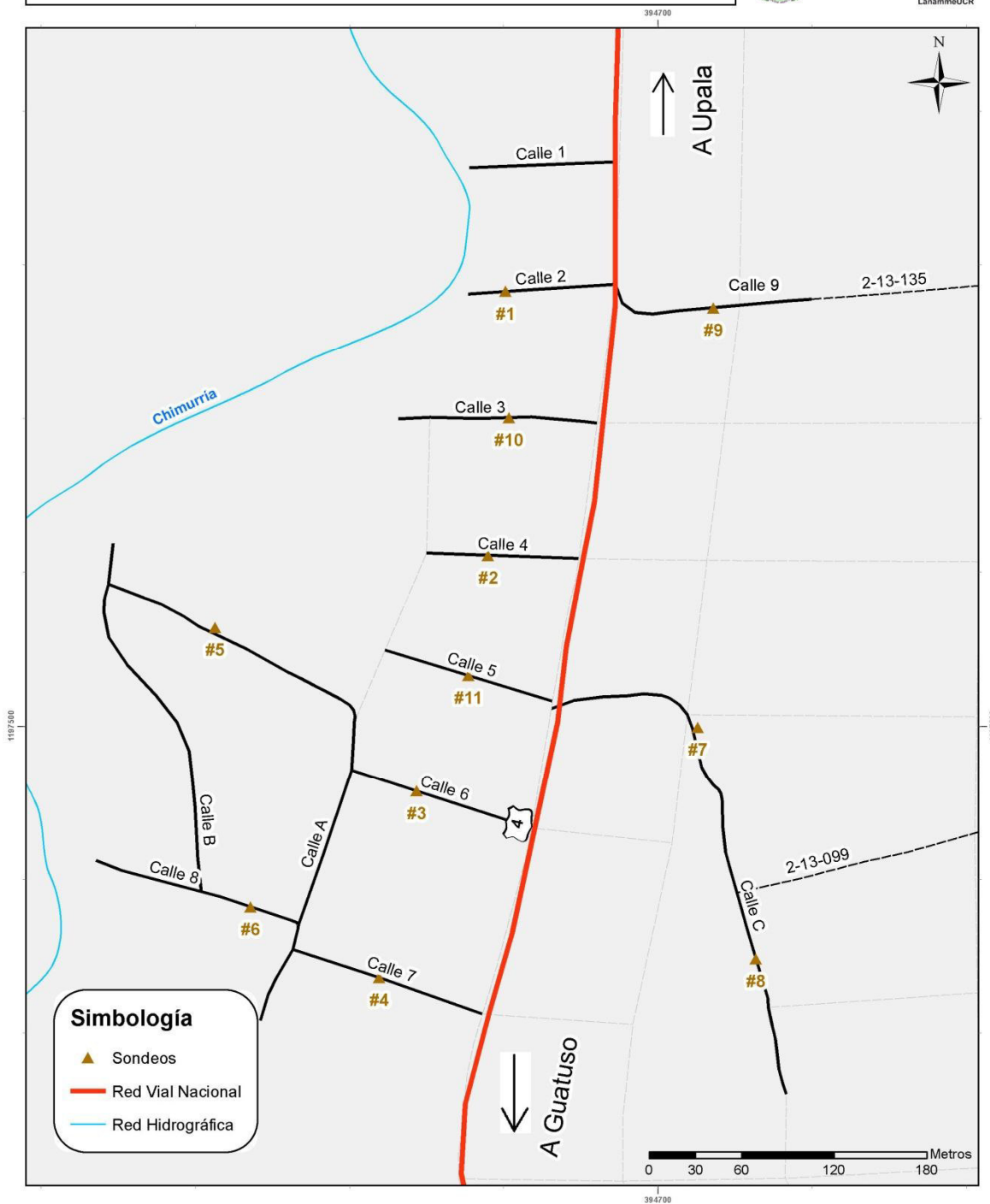


Figura 4. Mapa de ubicación de los sondeos a cielo abierto.



Tabla 4. Resumen de resultados de ensayos de granulometría realizados a los suelos.

Sondeo	Ubicación	Porcentaje Pasando				FG (% grava)	FS (% arena)	CF (% finos)
		Nº4	Nº10	Nº40	Nº200			
1	Calle 2	100	99.5	90.6	85.1	0.0	14.9	85.1
2	Calle 4	100	100	96.9	89.7	0.0	10.3	89.7
3	Calle 6	100	99.8	97.9	92.5	0.0	7.5	92.5
4	Calle 7	100	100	99.2	93.8	0.0	6.2	93.8
5	Calle A	100	99.3	97.6	92.6	0.0	7.4	92.6
6	Calle 8	100	99.9	98.9	95.2	0.0	6.7	93.3
7	Calle C	100	99.7	92	84.5	0.0	4.8	95.2
8	Calle C	100	99.7	97.9	93.3	4.2	9.7	86.1
9	Calle 9	61.5	57.2	51.3	44.5	38.5	17.0	44.5

Durante la excavación de los sondeos se observó que en las Calles 1, 2, 3, 4 y 5 existe una pequeña proporción (10 cm máximo) de grava de río embebida en el suelo subrasante, que según la indicación de la Tabla 5 (Sondeos 1 y 2), corresponde a limo de alta plasticidad (MH / A-7-5) con IP mayor a 30.

Las Calles B y 9 contienen ligeramente una mayor proporción (10 a 20 cm) de grava de río colocada sobre el suelo subrasante, que de igual forma corresponde a limos de alta plasticidad (MH / A-7-5) con IP mayor a 30 como lo indica la Tabla 5 (Sondeos 5, 6). En la Calle 9 se identificó un mayor contenido de grava mezclada con suelo y se clasificó como grava arcillosa con arena (GC / A-7-6) con IP de 24, como lo muestra la Tabla 5 (Sondeo 9).

Las Calles A, 6 y 7 contienen una capa de grava (al menos 20 cm de espesor) con menor grado de contaminación con el suelo. Las muestras de suelo recolectadas del sitio se clasificaron como limos de alta plasticidad (MH / A-7-5) con IP mayor a 30 como lo indica la Tabla 5 (Sondeos 3, 4, 5, 7 y 8).



Tabla 5. Resumen de resultados de caracterización de materiales muestreados.

Sondeo	Ubicación	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	Nombre ASTM D-2487
1	Calle 2	76	44	31	MH	A-7-5 (34)	Limo
2	Calle 4	73	37	35	MH	A-7-5 (39)	Limo
3	Calle 6	70	38	33	MH	A-7-5 (38)	Limo
4	Calle 7	73	39	34	MH	A-7-5 (40)	Limo
5	Calle A	75	40	36	MH	A-7-5 (42)	Limo
6	Calle 8	77	42	34	MH	A-7-5 (43)	Limo
7	Calle C	77	43	35	MH	A-7-5 (42)	Limo
8	Calle C	76	38	37	MH	A-7-5 (37)	Limo
9	Calle 9	51	27	24	GC	A-7-6 (7)	Grava arcillosa con arena

LL: Límite Líquido, LP: Límite Plástico, IP=Índice Plasticidad

6.3 Estimación de CBR en sitio con el DCP.

Se realizaron 11 ensayos del Cono de Penetración Dinámico (*DCP*, por sus siglas en inglés) para estimar la capacidad de soporte CBR en sitio de las capas de material granular y suelo existentes en los caminos evaluados. Los gráficos de estimación del CBR en sitio se adjuntan en el Anexo 4. Para facilitar el análisis de datos, se asignó el espesor de capa y CBR en sitio promedio para cada sondeo como se muestra en la Tabla 6 y se resume a continuación:

- Calles 1, 2, 3, 4, 5: en estas vías se observa una capa de 10 cm de espesor aproximado, compuesta de material granular de río redondeado con algunos sobre tamaños, el cual se encuentra embebido en el suelo subrasante. El CBR en sitio promedio de la capa de material granular varía entre 13.4% y 48.7%. Luego se tiene una capa de suelo subrasante con CBR en sitio promedio entre 4.7% y 10.6%.
- Calles B, 8 y 9: en estas vías se observa una capa de 20 a 30 cm de espesor de material granular de río redondeado con algunos sobre tamaños, cuya parte inferior se ha embebido en el suelo de subrasante. Se encontró que el CBR en sitio de esta capa varió entre 10% y 63%. Luego se tiene una primera capa de de suelo subrasante entre 20 y 30 cm de espesor con CBR en sitio promedio entre 7% y 15%.



Luego, se encontró una segunda capa de suelo subrasante con CBR en sitio promedio entre 29% y 11%.

- Calles A, C, 6 y 7: en estas vías se observó una capa de material granular de espesor variable entre 10 y 20 cm. El material es redondeado posiblemente de río con algunos sobre tamaños, cuya parte inferior se observa combinada con suelo de subrasante y CBR promedio en sitio varió entre 10 y 50%. Luego, se observó una primera capa de suelo subrasante con espesor entre 30 y 40 cm con CBR en sitio promedio de 7.5% y 15%. Luego se encontró una segunda capa de suelo subrasante con CBR promedio en sitio entre 5.7% y 14.6%.

Tabla 6. Resumen de datos de sondeos a cielo abierto.

Ubicación	Sondeo	Datos	Capas de material granular y suelos existentes		
			CGR	SR1	SR2
Calle 2	1	Espesor (cm)	10	>75	-
		CBR sitio promedio	15.8%	7.4%	-
Calle 3	10	Espesor (cm)	10	>75	-
		CBR sitio promedio	13.4%	10.6%	-
Calle 4	2	Espesor (cm)	10	>75	-
		CBR sitio promedio	48.7%	5.1%	-
Calle 5	11	Espesor (cm)	10	>75	-
		CBR sitio promedio	27.7%	4.7%	-
Calle 8	6	Espesor (cm)	20	20	>45
		CBR sitio promedio	63.2%	15.0%	28.9%
Calle 9	9	Espesor (cm)	30	30	>25
		CBR sitio promedio	10%	7.0%	10.7%
Calle A	5	Espesor (cm)	20	30	>55
		CBR sitio promedio	10.1%	8.6%	6.7%
Calle C	7	Espesor (cm)	10	40	>35
		CBR sitio promedio	21.6%	8.6%	14.6%
Calle C	8	Espesor (cm)	20	35	>30
		CBR sitio promedio	12.8%	7.5%	12.8%
Calle 6	3	Espesor (cm)	20	40	>25
		CBR sitio promedio	50%	15%	5.7%
Calle 7	4	Espesor (cm)	10	40	>35
		CBR sitio promedio	57.2%	11.7%	5.9%



7. Recomendaciones para el mejoramiento de los caminos.

Las recomendaciones para el mejoramiento de los caminos evaluados se presentan en esta sección, la cual incluye diseños preliminares de estructuras de pavimento y secciones transversales típicas. La UTGV de la Municipalidad de Upala deberá valorar estas recomendaciones y definir finalmente, el diseño definitivo del proyecto de acuerdo con su criterio técnico, recurso humano y presupuesto disponible.

Se utilizó la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 93 para estimar el aporte de las capas de materiales granulares y suelos existentes indicadas en la Tabla 6, así como el espesor de las capas de materiales nuevos que se requiere incorporar de acuerdo a las solicitudes de tránsito estimadas. Se presentan los resultados de modelación mecanístico-empírica para evaluar el desempeño de las estructuras de pavimento de acuerdo a las indicaciones del documento *LM-PI-GM-INF-22-2014 Recomendaciones Técnicas para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con la Incorporación de Criterios Mecánico-Empíricos* del LanammeUCR.

Debido a la escasez de material granular existente de calidad en las vías y que se tienen suelos limosos de alta plasticidad, con IP mayores a 30, se determinó proponer tres opciones de estructuras de pavimentos para los caminos. La primera opción incluye el uso de materiales granulares tipo base o subbase, mientras que la segunda y tercera opción plantean la posibilidad de estabilizar las capas de grava y suelo existente con cal hidrata o cemento hidráulico para reducir su plasticidad y mejorar sus propiedades de soporte y apoyo al pavimento.

Las características y especificaciones técnicas generales de los materiales nuevos o rehabilitados que se consideran en las recomendaciones como componentes de la estructura de pavimento, corresponden a lo indicado en el Manual CR-2010 y se resumen en la Tabla 7.



Tabla 7. Especificaciones generales de los materiales utilizados en el diseño.

Abreviatura	Definición	Especificaciones básicas
TSB	Tratamiento Superficial Bituminoso	Tratamiento Superficial Bituminoso construido de acuerdo a las especificaciones indicadas en el CR-2010, Sección 411.
BG	Base granular	- Base granular graduación C o D según CR-2010, Sección 301. - CBR=80 min, compactación 95% de PM (AASHTO T180) - Límite Líquido 35 max, Índice de plasticidad 4-9
BE	Base granular estabilizada con cemento	- Base granular graduación C o D estabilizada con cemento según CR-2010, Sección 304. - Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de al menos 2.8 MPa.
CGR-CAL CGR-CEM SR-CAL SR-CEM	Material granular (CGR) o suelo(SR) existente mezclado con cemento o cal	- Dosificación definida en diseño de mezcla (incorporar recomendaciones de apartados 6 y 7.5 de este informe) para mejoramiento o estabilización con cemento o cal. - Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de al menos 2.0MPa.
SBG	Subbase granular	- Subbase granular graduación B según CR-2010, Sección 301. - CBR=30 min, compactación 95% de PM (AASHTO T180). - Límite Líquido 35 max, Índice de plasticidad 4-10.

7.1 Calles 1, 2, 3, 4 y 5.

Las recomendaciones para el mejoramiento de las Calles 1, 2, 3, 4 y 5 de los cuadrantes de Colonia Puntarenas se describen a continuación.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

La Tabla 8 muestra las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos para las Calles 1, 2, 3, 4 y 5 mientras que la Tabla 9 muestra el cálculo de espesores de capas de pavimento. Se presentan tres alternativas de estructura de pavimentos de manera que la UTGV de la Municipalidad de Upala, defina cual se ajusta a su criterio técnico y recursos disponibles.



- Opción 1 (materiales granulares nuevos): se propone una estructura de pavimento flexible, con aporte de una capa inferior de material de subbase granular (SBG) de 20 cm de espesor. Encima de esta capa se propone colocar base granular (BG) de 22 cm de espesor. La superficie de ruedo y capa impermeabilizadora propuesta es un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 2 (Estabilización de suelo con cal o cemento): se recomienda la estabilización del material de rasante existente con cal hidratada (SR1-CAL) en un espesor de 15 cm. Encima de esta capa se propone colocar base granular (BG) de 20 cm de espesor. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 3 (Estabilización de suelo con cemento): se recomienda la estabilización del material de rasante existente con cemento hidráulico (SR1-CEM) en un espesor de 15 cm. Encima de esta capa se propone colocar base granular (BG) de 20 cm de espesor. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).

Tabla 8. Variables de entrada para diseño de pavimentos para las Calles 1, 2, 3, 4 y 5.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor	
Período de Diseño	PD	10 años	12 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	48 850	61 137
Confiabilidad	R	50%	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7	1,7
CBR en sitio subrasante	%	4.68	
Mr eff subrasante	psi / MPa	8556 / 59	
SN_{req}	-	1.49	1.65
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante			
Referencia	Rango CBR	Ecuación	
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$	
CSIR (Witzack et al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$	
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$	



Tabla 9. Cálculo de espesores de pavimento para Calles 1, 2, 3, 4 y 5.

Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	20	0.88
	SBG	Nuevo	0.11	14000 / 96	0.8	22	0.76
	SR1	Existente	-	8556/ 59	-	-	-
	Total					44	1.64
2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	20	0.88
	SR1-CAL	Rehabilitado	0.14	45000 / 310	1.0	15	0.83
	SR1	Existente	-	8556/ 59	-	-	-
	Total					35	1.71
3	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	20	0.88
	SR1-CEM	Rehabilitado	0.14	550000 / 3790	1.0	15	0.83
	SR1	Existente	-	8556/ 59	-	-	-
	Total					35	1.71

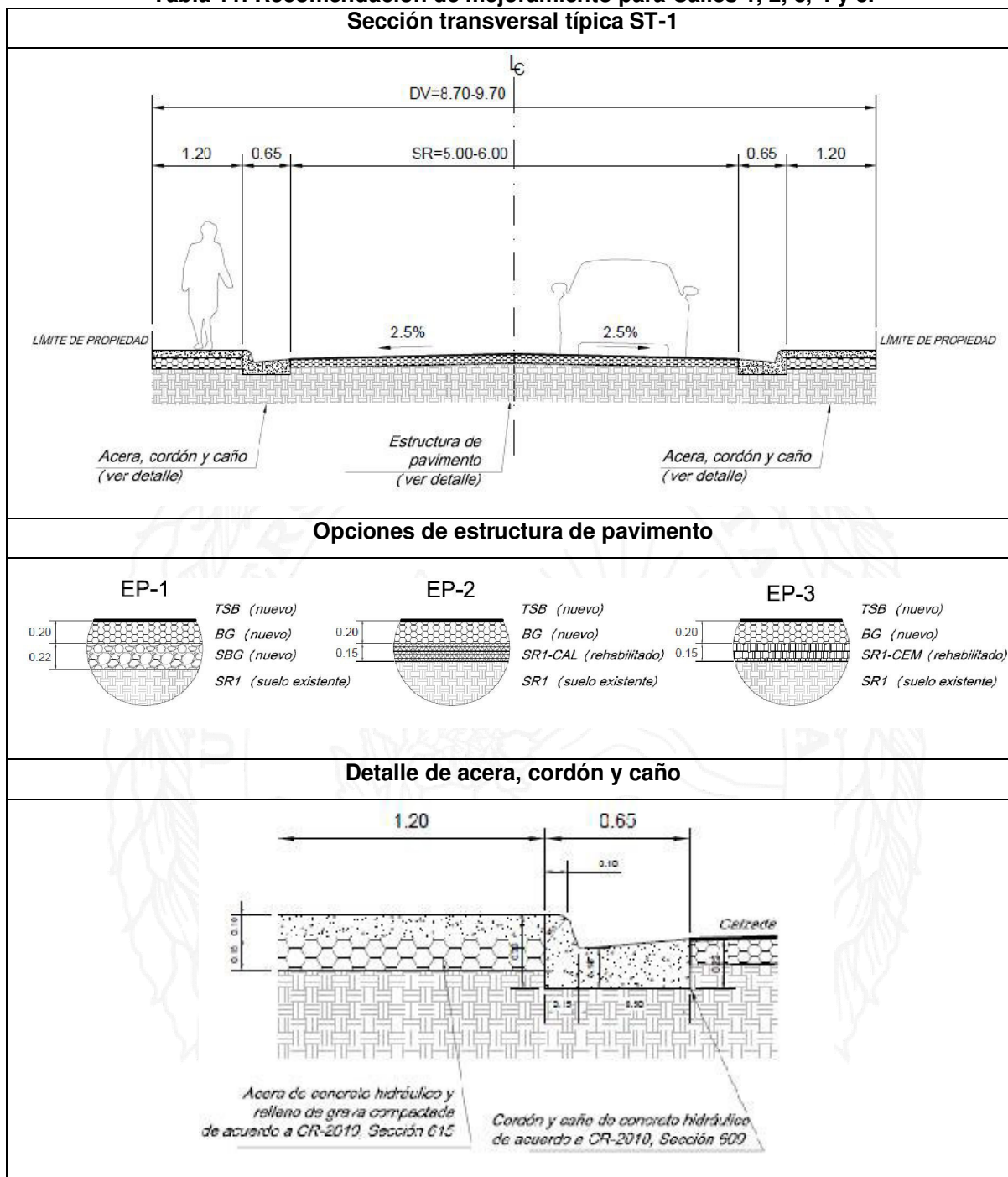
Tabla 10. Verificación de desempeño para pavimento de las Calles 1, 2, 3, 4 y 5.

Opción	Ahuellamiento (mm)							Cumplimiento
	BG	SBG	SR-CAL	SR-CEM	SR1	Total	Criterio	
1	10.2	4.8	-	-	7.2	22.2	25.0	Si Cumple
2	10.6	-	1.3	-	7.4	19.3	25.0	Si Cumple
3	11.4	-	-	0.1	5.8	17.3	25.0	Si Cumple

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para las Calles 1, 2, 3, 4 y 5 se pueden observar en la Tabla 11 y en el Anexo 5.

Tabla 11. Recomendación de mejoramiento para Calles 1, 2, 3, 4 y 5.





7.2 Calles B, 8 y 9

Las recomendaciones para el mejoramiento de las Calles B, 8 y 9 de los cuadrantes de Colonia Puntarenas se describen a continuación.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

Se presentan tres alternativas de estructura de pavimentos, de manera que la UTGV de la Municipalidad de Upala defina cuál se ajusta a su criterio técnico y recursos disponibles.

Las Tabla 12 y 13 muestran las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos de estos caminos y cálculo de espesores respectivamente. Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 14.

- Opción 1 (base granular): se propone una estructura de pavimento flexible, con aporte de una capa de base granular (BG) de 20 cm de espesor colocada sobre la capa granular de ruedo existente (CGR) de 20 cm de espesor. La superficie de ruedo y capa impermeabilizadora propuesta es un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 2 (Estabilización de suelo con cal o cemento): se recomienda la estabilización de la capa de material granular de rodadura existente (CGR) con cal hidratada (CGR-CAL) en un espesor de 15 cm. Sobre esta capa se propone colocar base granular (BG) de 20 cm de espesor. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 3 (Estabilización de suelo con cemento): se recomienda la estabilización de la capa granular de ruedo existente con cemento hidráulico (CGR-CEM) en un espesor de 15 cm. Luego se propone una capa de base granular (BG) de 20 cm de espesor. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).



Tabla 12. Variables de entrada para diseño de pavimentos de Calles B, 8 y 9.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor	
Período de Diseño	PD	10 años	12 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	85 563	107 083
Confiabilidad	R	50%	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7	1,7
CBR en sitio subrasante	%	7.03	
Mr eff subrasante	psi / MPa	12852 / 88.6	
SN_{req}	-	1.48	1.54
Correlaciones utilizadas para la estimación del módulo resiliente (Mr) de la subrasante			
Referencia	Rango CBR	Ecuación	
Heukelom & Klomp (1962)	< 7.2 %	$Mr (psi) = 1500 * CBR$	
CSIR (Witzack et al. 1995)	7.2 % - 20%	$Mr (psi) = 3000 * CBR^{0.65}$	
AASHTO (1993)	> 20%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$	



Tabla 13. Cálculo de espesores de pavimento camino de Calles B, 8 y 9.

Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	20	0.88
	CGR	Existente	0.10	10000 / 69	0.8	20	0.63
	SR1	Existente	-	12852 / 89	-	-	-
	Total					40	1.51
2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	15	0.66
	CGR-CAL	Rehabilitado	0.14	45000 / 310	1.0	20	1.10
	SR1	Existente	-	12852 / 89	-	-	-
	Total					35	1.76
3	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	15	0.66
	CGR-CEM	Rehabilitado	0.14	550000 / 3790	1.0	20	1.10
	SR1	Existente	-	12852 / 89	-	-	-
	Total					35	1.76

Tabla 14. Verificación de desempeño para pavimento de Calles B, 8 y 9.

Opción	Ahuellamiento (mm)							Cumplimiento
	BG	SBG	CGR-CAL	CGR-CEM	SR1	Total	Criterio	
1	10.8	6.6	-	-	6.2	23.6	25.0	Si Cumple
2	9.1	-	2.8	-	6.8	18.7	25.0	Si Cumple
3	9.9	-	-	0.2	4.8	15.0	25.0	Si Cumple

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para las Calles B y 8 se pueden observar en la Tabla 15 y Anexo. Las recomendaciones para la Calle 9 se pueden observar en la Tabla 16 y en el Anexo 5.

Tabla 15. Recomendación de mejoramiento para las Calles B y 8.

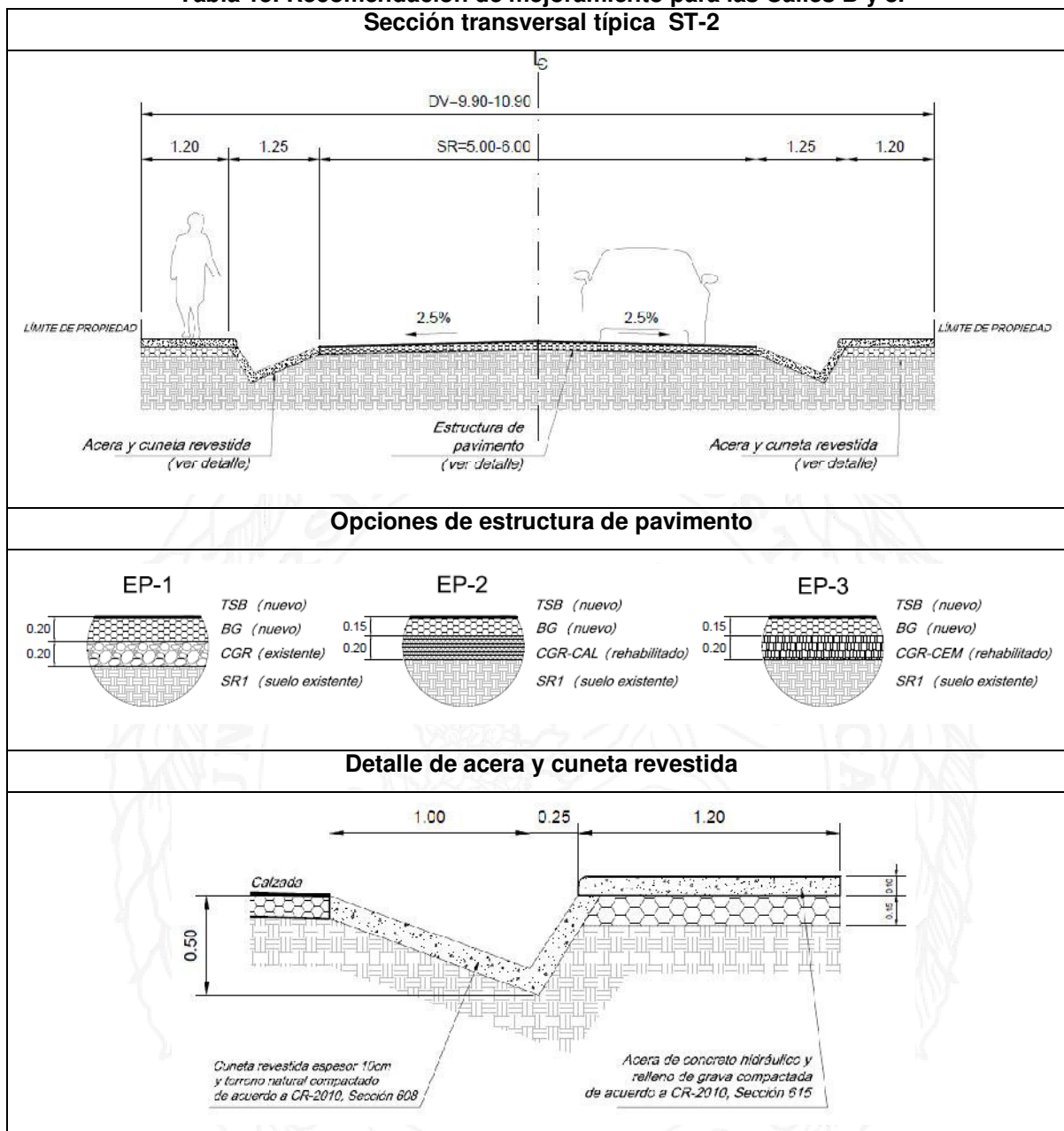
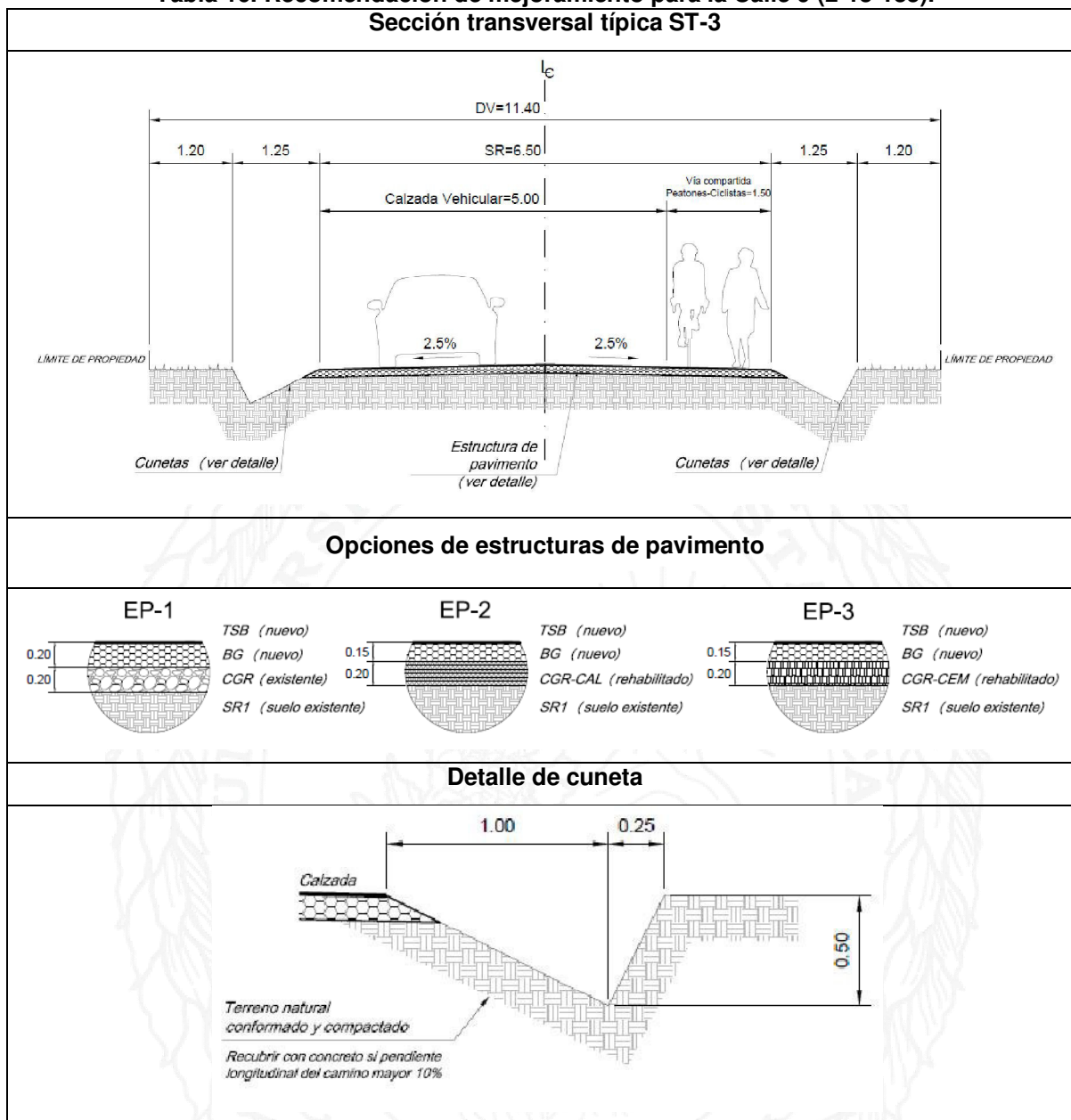


Tabla 16. Recomendación de mejoramiento para la Calle 9 (2-13-135).





7.3 Calles A, C, 6 y 7

Las recomendaciones para el mejoramiento de las Calles A, C, 6 y 7 de los cuadrantes de Colonia Puntarenas se describen a continuación.

Diseño de pavimentos y verificación de desempeño

Se presentan tres alternativas para los caminos indicados, de manera que la UTGV de la Municipalidad de Upala valore y decida cual alternativa de pavimento se ajusta a sus capacidades técnicas y recursos disponibles.

La Tabla 17 muestra las variables de entrada utilizadas en el diseño de pavimentos y la Tabla 18 muestra el cálculo de espesores. Los resultados de la modelación mecánica y verificación de desempeño se muestran en la Tabla 19.

- Opción 1 (base granular): se propone una estructura de pavimento flexible, con aporte de una capa de base granular (BG) de 20 cm de espesor colocada sobre la capa granular de ruedo existente (CGR) de 10 cm de espesor y la primera capa de subrasante (SR1) de 40cm de espesor. La superficie de ruedo y capa impermeabilizadora propuesta es un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 2 (Estabilización de suelo con cal o cemento): se recomienda la estabilización de la capa de material granular de rodadura existente con cal hidratada (CGR-CAL) en un espesor de 20 cm, que queda sobre la primera capa de subrasante (SR1) de 40 cm. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).
- Opción 3 (Estabilización de suelo con cemento): se recomienda la estabilización de la capa granular de ruedo existente con cemento hidráulico (CGR-CEM) en un espesor de 22 cm, que queda sobre la primera capa de subrasante (SR1) de 40 cm. La superficie de ruedo recomendada corresponde a un tratamiento superficial bituminoso (TSB).



Tabla 17. Variables de entrada para diseño de pavimentos de Calles A, C, 6 y 7.

Dato, parámetro de entrada o cálculo inicial		Valor	
Período de Diseño	PD	10 años	12 años
Ejes equivalentes de diseño	W_{18}	103 987	130 141
Confiabilidad	R	50%	50%
Desviación normal estándar	Z_R	0.000	0.000
Desviación estándar global	S_0	0,50	0,50
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	4,2
Índice de servicio al final	p_t	2,5	2,5
Cambio en índice de servicio	ΔPSI	1,7	1,7
CBR en sitio subrasante	%	5.65	
Mr eff subrasante	psi / MPa	10329 / 71.2	
SN_{req}	-	1.68	1.75
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%	$Mr (psi) = 4326 * \ln(CBR) + 241$	

Finalmente, en la Figura 22 se muestra la ubicación de las secciones transversales típicas recomendadas para cada una de los caminos evaluados en Colonia Puntarenas, Upala.

Sección transversal típica y estructuras de pavimento

La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para la Calle C se muestran en la Tabla 20 y Anexo 5. La sección transversal típica y las estructuras de pavimento recomendadas para las Calles A, 6 y 7 se muestran en la Tabla 21 y Anexo 5.



Tabla 18. Cálculo de espesores de pavimento de Calles A, C, 6 y 7.

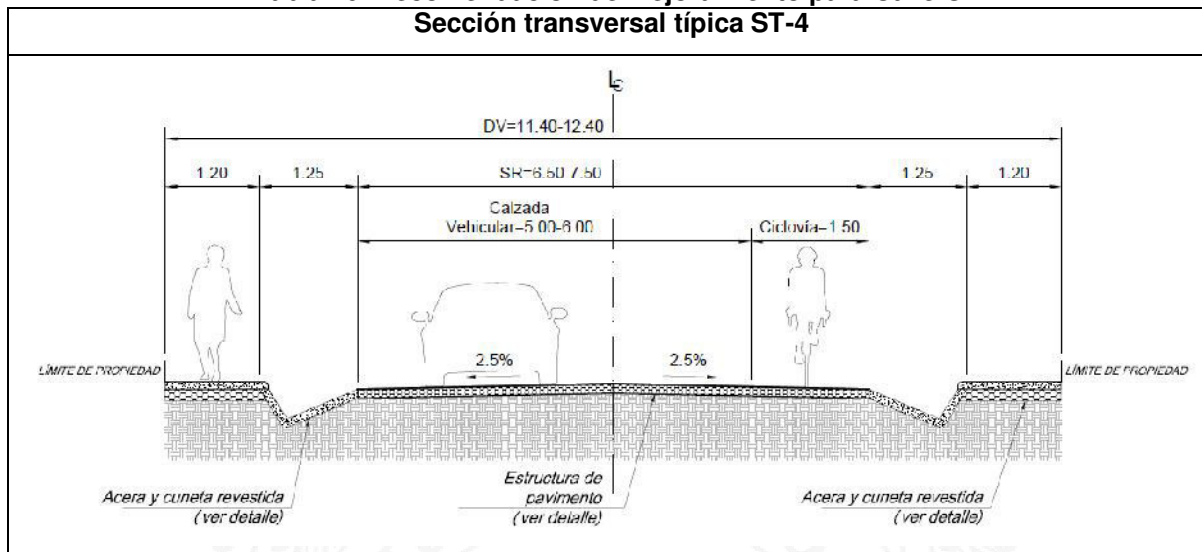
Opción	Capa o material	Origen	Coef. Estruct. a_i	Módulo estimado (psi/MPa)	Coef. drenaje m_i	Espesor (cm)	SN diseño
1	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	BG	Nuevo	0.14	28000 / 193	0.8	20	0.88
	CGR	Existente	0.10	12500 / 86	0.8	10	0.63
	SR1	Existente	0.06	11500 / 79	0.8	40	0.76
	SR2	Existente	-	10329 / 71.2	-	-	-
	Total					70	1.95
2	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGR-CAL	Rehabilitado	0.14	45000 / 310	1.0	20	1.10
	SR1	Existente	0.06	11500 / 79	0.8	40	0.76
	SR2	Existente	-	10329 / 71.2	-	-	-
	Total					60	1.86
3	TSB	Nuevo	-	-	-	-	-
	CGR-CEM	Rehabilitado	0.14	550000 / 3790	1.0	22	1.21
	SR1	Existente	0.06	11500 / 79	0.8	40	0.76
	SR2	Existente	-	10329 / 71.2	-	-	-
	Total					62	1.97

Tabla 19. Verificación de desempeño para pavimento de Calles A, C, 6 y 7.

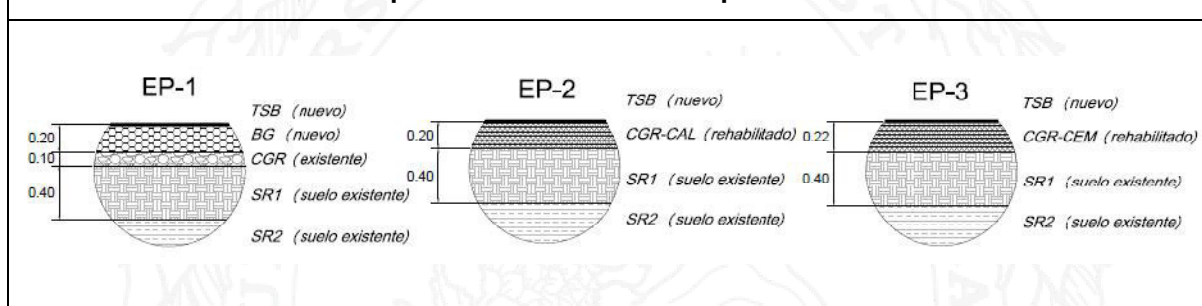
Opción	Ahuellamiento (mm)								Cumplimiento
	BG	CGR	CGR-CAL	CGR-CEM	SR1	SR2	Total (mm)	Criterio	
1	11.1	3.5	-	-	4.9	4.2	23.7	25.0	Si cumple
2	-	-	7.9	-	6.4	4.8	19.1	25.0	Si cumple
3	-	-	-	0.6	2.3	3.4	6.3	25.0	Si cumple
Opción	Vida a fatiga de capas estabilizadas (ESAL)								Cumplimiento
	BG	CGR	CGR-CAL	CGR-CEM	SR1	SR2	Criterio		
2	-	-	3.92x10 ⁵	-	-	-	130 141		Si cumple
3	-	-	-	1.86x10 ⁵	-	-	130 141		Si cumple

Tabla 20. Recomendación de mejoramiento para Calle C.

Sección transversal típica ST-4



Opciones de estructura de pavimento



Detalle de acera y cuneta revestida

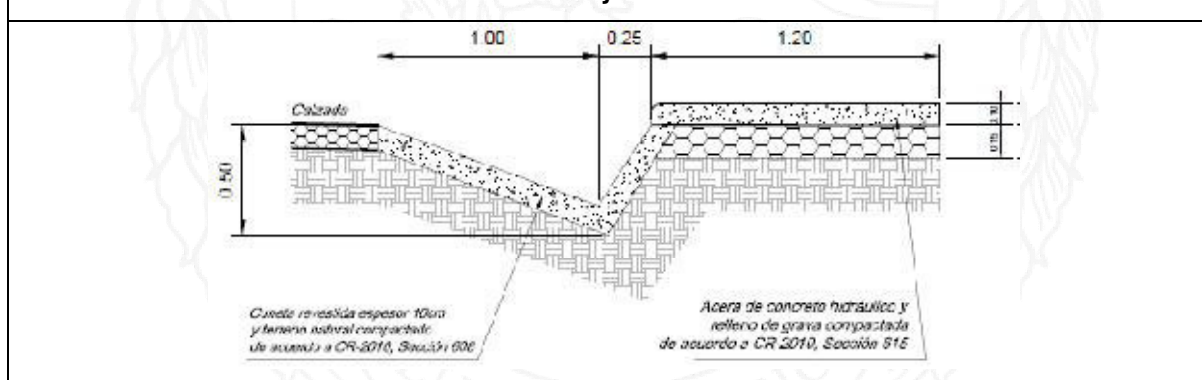
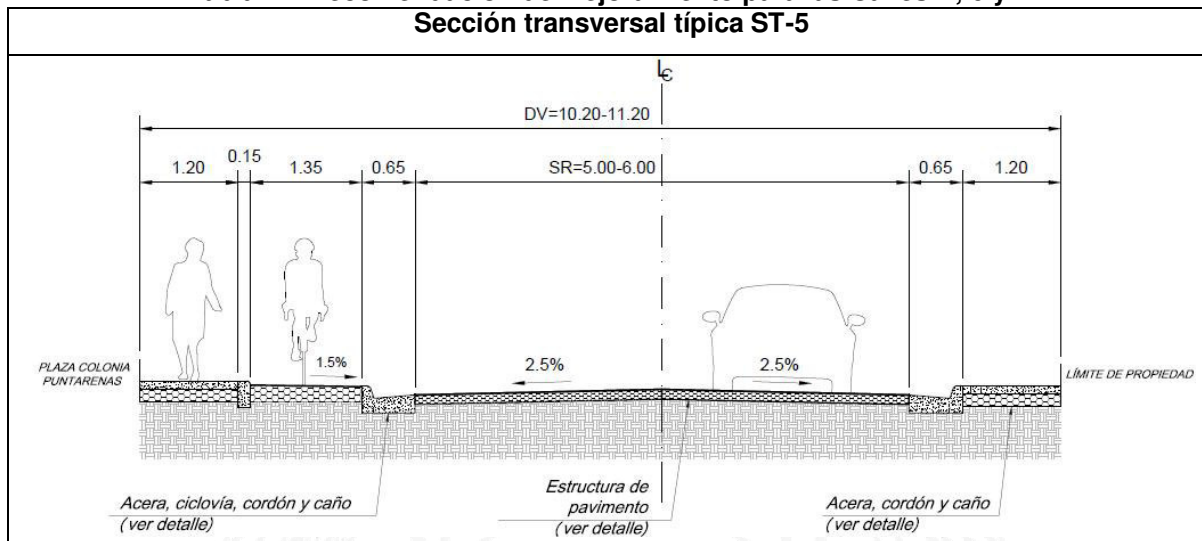
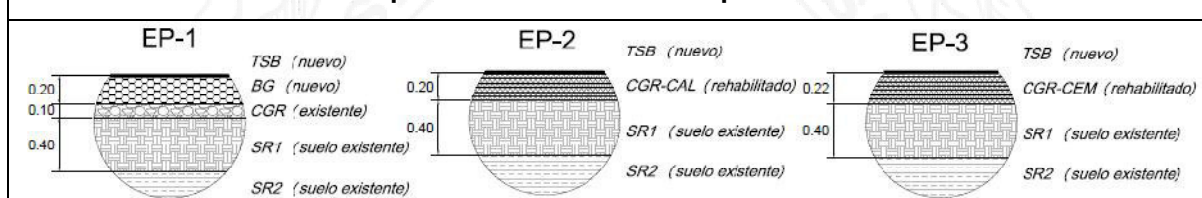


Tabla 21. Recomendación de mejoramiento para las Calles A, 6 y 7.

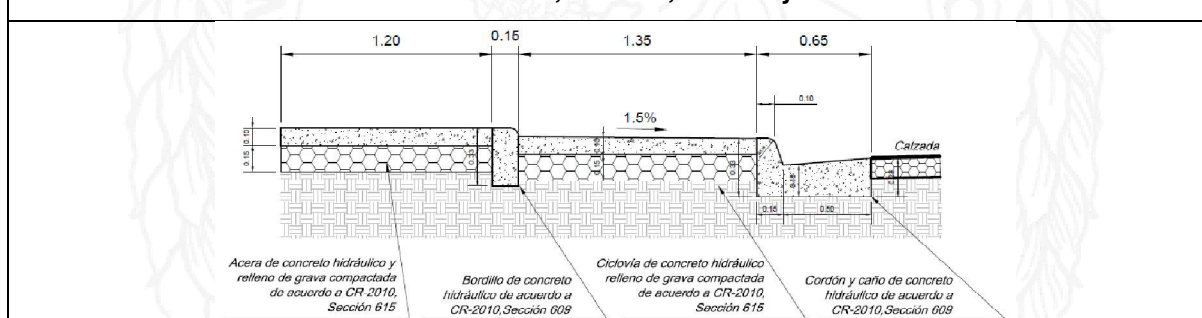
Sección transversal típica ST-5



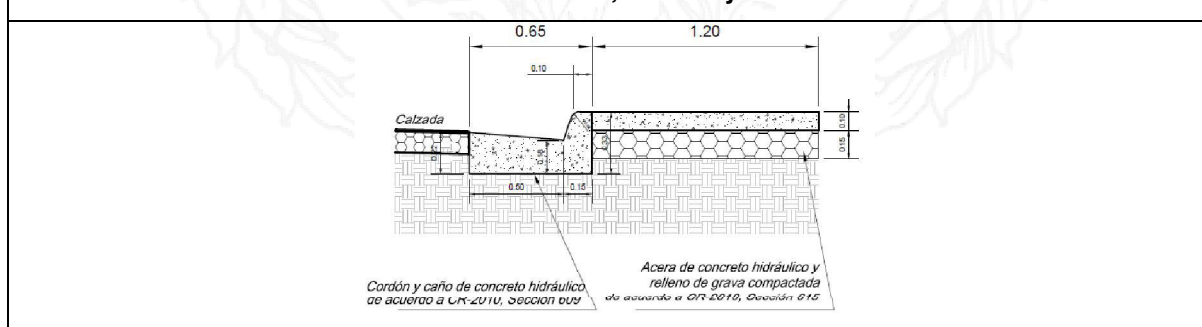
Opciones de estructura de pavimento



Detalle de acera, ciclovia, cordón y caño.



Detalle de acera, cordón y caño.



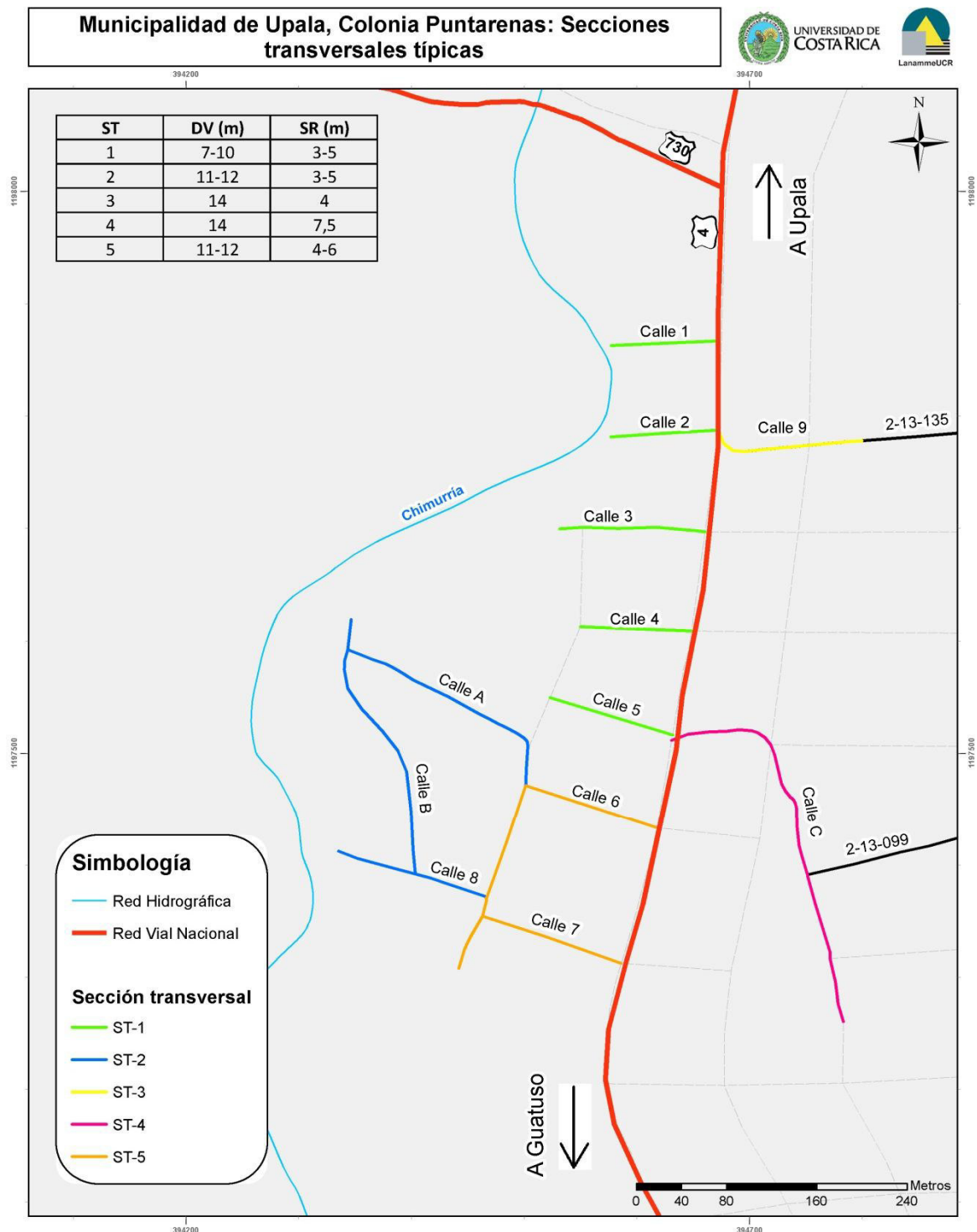


Figura 5. Mapa de ubicación de secciones transversales típicas.



8. Conclusiones

- El TPD estimado en los caminos de Colonia Puntarenas varió en entre 264 y 464 vehículos por día con porcentajes de vehículos pesados de 13% a 19%.
- Se evaluó un total 2.2 km de longitud de caminos donde se observó dos condiciones generales, la primera caminos donde existe un pequeño aporte de material granular (10cm de espesor máximo) mezclado con suelo de la subrasante y la segunda caminos donde se tiene una capa de 10 a 20 cm de espesor de material granular redondeado de río como superficie de ruedo existente.
- Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo indicaron que prácticamente en toda la zona se tienen limos de alta plasticidad (MH / A-7-5) con IP mayores a 30, que podrían reducir significativamente su capacidad de soporte al contener exceso de humedad.
- Se midió el CBR en sitio promedio de las capas de material granular existente y suelos por medio del DCP. Los resultados indicaron valores de entre 10% y 57% para las capa granular de ruedo existente y entre 4.7% y 28.9% para la capa de suelo subrasante.
- La evaluación realizada a las vías indica que se tiene una capa de materiales existentes que son suelos mezclados con una proporción variable de grava de río, que en sus condiciones actuales no conforman una estructura de pavimento formal y carecen del sistema de drenaje pluvial requerido.
- Las recomendaciones que se presentan en este informe se realizan con el objetivo de orientar al municipio hacia las actividades requeridas para la construcción formal de los caminos. Se incluyen secciones transversales, estructuras de drenajes y estructuras de pavimento que constituyen un diseño preliminar. La UTGV de la Municipalidad de Upala deberá valorar las opciones aquí brindadas, de acuerdo a sus capacidades técnicas de ejecución y al presupuesto disponible para plantear el diseño final a implementar en los caminos.



9. Recomendaciones

- Se recomienda evitar la colocación de materiales de superficie de ruedo como mezcla asfáltica, losas de concreto u otros sobre la superficie granular y suelo existente, debido a que la vías no cuentan con una estructura de pavimento formal y sistema de drenaje pluvial adecuado.
- Se recomienda revisar la condición y adecuado funcionamiento de las estructuras de drenaje pluvial existente a lo largo de los caminos a intervenir. Esto incluye verificar la ubicación, cantidad, condición y dimensiones de las cunetas, los pasos de alcantarilla transversales, cabezales, sangradores y canales de salida de agua pluvial hacia cauces cercanos. Además, se recomienda realizar un diseño de sistema de evacuación pluvial por medio de tragantes, tuberías, pozos y descargas para las vías donde se utilice cordón y caño. Lo anterior para evitar que la nueva estructura de pavimento a construir sufra deterioros por inadecuado manejo de aguas pluviales.
- La definición final acerca del tipo secciones transversales a utilizar, de acuerdo a lo recomendado en este informe, deberá ser formulada finalmente por la UTGV de la Municipalidad de Upala, de acuerdo a su criterio técnico y análisis de los recursos disponibles.
- Se recomienda que el diseño final para el mejoramiento de los caminos, considere espacio y señalización para todos los usuarios de la vía, incluyendo peatones, ciclistas y motorizados. Se recomienda la inclusión de los elementos de accesibilidad, como rampas y superficies táctiles para no videntes en las aceras de acuerdo con las indicaciones de la Ley 7600.
- 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/planificacion/carreteras/AnuarioTr%C3%A1nsito2012.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010*.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2007).Oficio DVOP-5170-07. Lineamientos diseño de pavimento por Ing. Pedro Castro PhD.

Ulloa, Á; Badilla, G; Allen, J; Sibaja, D(2007). Encuesta de Carga. Unidad de Investigación. Proyecto #PI-01-PIIVI-2007. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. San José, Costa Rica: LanammeUCR.

Yang H. Huang. (2004). *Pavement Analysis and Design* [Análisis y Diseño de Pavimentos]. (2da Ed), New, Jersey, EEUU: Prentice Hall.



11. Anexos

Anexo	Contenido
1	Datos de conteos vehiculares
2	Datos de sondeos a cielo abierto
3	Informes de laboratorio caracterización de suelos (sondeos)
4	Estimación CBR en sitio con ensayos DCP
5	Recomendaciones de secciones transversales y estructuras de pavimento





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 1. Datos de conteo vehiculares

Conteo 2, Calle C

Descipcion: Camino Escuela

Localidad: Colonia-Puntarenas

Fecha Conteo: 21-06-2017 / 22-06-2017

Canton: Upala

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	10	49	40.7
W	84	57	46.0

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+	Camion C2,C3,C4,B US	Camion T3-S2 y Mayores	
08:00	3	5	2	0	0	10
09:00	3	15	5	5	0	28
10:00	0	15	2	0	0	17
11:00	4	15	1	1	0	21
12:00	5	12	0	2	0	19
13:00	5	8	1	1	0	15
14:00	2	22	6	1	0	31
15:00	5	16	4	2	0	27
16:00	4	18	5	3	0	30
17:00	2	35	7	0	0	44
18:00	7	31	6	2	0	46
19:00	3	16	8	3	0	30
20:00	1	13	3	1	0	18
21:00	0	9	1	0	0	10
22:00	0	5	2	1	0	8
23:00	1	6	0	0	0	7
06/22/17	0	3	1	0	0	4
01:00	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	6	3	0	1	0	10
05:00	5	21	3	1	0	30
06:00	4	19	0	1	0	24
07:00	4	14	5	1	0	24
08:00	5	3	2	1	0	11
Total	69	304	64	27	0	464
Porcentaje	14.9%	65.5%	13.8%	5.8%	0.0%	100.0%



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Unidad de Gestion Municipal PITRA- LanammeUCR



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Conteo 3, Calle 7

Descipcion: Costado Este Plaza de Deportes

Localidad: Colonia-Puntarenas

Fecha Conteo: 21-06-2017 / 22-06-2017

Canton:Upala

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	10	49	35.8
W	84	57	52.6

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+	Camion C2,C3,C4,B US	Camion T3-S2 y Mayores	
09:00	7	4	0	1	0	12
10:00	2	8	1	4	0	15
11:00	2	12	1	3	0	18
12 p.m.	1	9	0	3	0	13
13:00	0	7	2	1	1	11
14:00	3	10	0	1	0	14
15:00	2	10	1	1	0	14
16:00	2	13	0	2	1	18
17:00	2	3	1	1	0	7
18:00	1	18	3	4	0	26
19:00	2	10	1	0	0	13
20:00	0	0	0	0	0	0
21:00	0	3	0	0	0	3
22:00	0	1	0	0	0	1
23:00	1	4	0	0	0	5
06/22/17	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	7	26	3	1	0	37
05:00	1	6	1	0	1	9
06:00	1	5	1	1	0	8
07:00	1	9	1	4	1	16
08:00	2	9	1	2	0	14
08:00	5	4	1	0	0	10
Total	42	171	18	29	4	264
Porcentaje	15.9%	64.8%	6.8%	11.0%	1.5%	100.0%

Conteo 1, Calle 6

Descipcion: Costado oeste plaza deportes CP

Localidad: Colonia-Puntarenas

Fecha Conteo: 21-06-2017 / 22-06-2017

Canton: Upala

Ubicación GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
N	10	49	39.4
W	84	57	50.7

Hora	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Total
	Bicicletas-Motos	Livianos-PickUp	Camion C2+	Camion C2,C3,C4,B US	Camion T3-S2 y Mayores	
09:00	2	8	0	1	0	11
10:00	0	1	2	2	0	5
11:00	4	5	4	0	0	13
12 p.m.	1	10	2	0	0	13
13:00	3	5	0	2	0	10
14:00	1	10	1	1	0	13
15:00	6	13	3	1	0	23
16:00	10	13	1	1	0	25
17:00	15	15	0	0	0	30
18:00	9	24	5	3	0	41
19:00	2	15	1	1	0	19
20:00	5	10	1	0	0	16
21:00	5	10	3	0	0	18
22:00	1	4	0	0	0	5
23:00	0	0	0	0	0	0
06/22/17	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	4	11	0	1	0	16
05:00	1	6	0	0	0	7
06:00	0	4	2	0	0	6
07:00	4	15	1	1	0	21
08:00	4	8	1	0	0	13
09:00	2	4	0	0	0	6
Total	79	191	27	14	0	311
Porcentaje	25.4%	61.4%	8.7%	4.5%	0.0%	100.0%



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 2. Datos de sondeos a cielo abierto

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	90	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	3 a 5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	7 a 10	0	12		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			3	44		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			3	90		
A:	Colonia Puntarenas			2	122		
3. SONDEOS				2	165		
SONDEO No	SONDEO 1			2	210		
ESTACIONAMIENTO	Calle 2			2	259		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	311		
N	10	49	50.8	2	364		
W	84	57	50.1	1	394		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	422		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	449		
No. 1	CGR	5 a 10		1	477		
No. 2	SR	-		1	502		
No. 3	-	-		1	530		
No. 4	-	-		1	559		
No. 5	-	-		1	585		
No. 6	-	-		1	615		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	645		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm			1	675		
No. 2	Suelo arcilloso color café rojizo			1	707		
No. 3	-			1	736		
No. 4	-			1	762		
No. 5	-			1	788		
No. 6	-			1	812		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	837		
1	-	11	-	1	863		
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	110	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	3 a 5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	7 a 10	0	17		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			5	62		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			5	84		
A:	Colonia Puntarenas			5	103		
3. SONDEOS				5	112		
SONDEO No	SONDEO 2			3	175		
ESTACIONAMIENTO	Calle 4			3	261		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	355		
N	10	49	45.5	1	398		
W	84	57	50.4	1	440		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	479		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	510		
No. 1	CGR	5 a 10		1	551		
No. 2	SR	-		1	600		
No. 3	-	-		1	642		
No. 4	-	-		1	686		
No. 5	-	-		1	727		
No. 6	-	-		1	775		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	819		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15cm			1	865		
No. 2	Suelo limoso color café						
No. 3	-						
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1	-	11	-				
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S1		SONDEO No	S2	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)	
A:	Colonia Puntarenas		A:	Colonia Puntarenas	

FOTOS
S1
S2
FOTO 1
FOTO 1

FOTO 2
FOTO 2

FOTO 3
FOTO 3

FECHA

01/02/2014

APUNTADOR
FPF

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	120	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	4 a 6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	11 a 12	0	12		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			5	40		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			5	55		
A:	Colonia Puntarenas			5	69		
3. SONDEOS				5	95		
SONDEO No	SONDEO 3			5	141		
ESTACIONAMIENTO	Calle 6			3	205		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	267		
N	10	49	40.2	3	298		
W	84	57	51.8	3	325		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				3	376		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		3	419		
No. 1	CGR	20.0		3	470		
No. 2	SR	-		3	534		
No. 3	-	-		3	615		
No. 4	-	-		2	690		
No. 5	-	-		1	725		
No. 6	-	-		1	760		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	793		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm			1	829		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café			1	865		
No. 3	-						
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1	-	11	-				
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	125	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	4 a 6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	11 s 12	0	13		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			5	36		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			5	55		
A:	Colonia Puntarenas			5	72		
3. SONDEOS				5	94		
SONDEO No	SONDEO 4			5	125		
ESTACIONAMIENTO	Calle 7			3	161		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	202		
N	10	49	36.2	3	264		
W	84	57	52.5	1	287		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	314		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	340		
No. 1	CGR	10.0		1	358		
No. 2	SR	-		1	375		
No. 3	-	-		1	390		
No. 4	-	-		1	404		
No. 5	-	-		1	420		
No. 6	-	-		1	435		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	450		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15cm			1	466		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café oscuro			1	486		
No. 3	-			1	511		
No. 4	-			1	539		
No. 5	-			1	596		
No. 6	-			1	625		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	655		
1	-	11	-	1	685		
2	-	12	-	1	720		
3	-	13	-	1	751		
4	-	14	-	1	782		
5	-	15	-	1	814		
6	-	16	-	1	845		
7	-	17	-	1	876		
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S3		SONDEO No	S4	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)	
A:	Colonia Puntarenas		A:	Colonia Puntarenas	

FOTOS
S3
FOTO 1

S4
FOTO 1

FOTO 2

FOTO 2

FOTO 3

FOTO 3

FECHA

26/02/2014

APUNTADOR
AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	400	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	4 a 6	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	11 a 12	0	17		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			3	88		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			3	142		
A:	Colonia Puntarenas			3	205		
3. SONDEOS				2	252		
SONDEO No	SONDEO 5			2	286		
ESTACIONAMIENTO	Calle A			2	339		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	384		
N	10	49	43.3	2	425		
W	84	57	56.3	2	470		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				2	520		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	550		
No. 1	CGR	20.0		1	580		
No. 2	SR	-		1	614		
No. 3	-	-		1	645		
No. 4	-	-		1	680		
No. 5	-	-		1	711		
No. 6	-	-		1	740		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	771		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm			1	803		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café			1	832		
No. 3	-			1	850		
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1	-	11	-				
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	120	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	3 a 5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	11 a 12	0	14		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			5	45		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			5	63		
A:	Colonia Puntarenas			5	80		
3. SONDEOS				5	95		
SONDEO No	SONDEO 6			5	115		
ESTACIONAMIENTO	Calle 8			5	130		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	5	149		
N	10	49	39.1	5	171		
W	84	57	56.8	5	205		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				3	259		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		3	326		
No. 1	CGR	20.0		2	362		
No. 2	SR	-		2	394		
No. 3	-	-		2	420		
No. 4	-	-		2	442		
No. 5	-	-		2	465		
No. 6	-	-		2	487		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			2	506		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15cm			3	535		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café oscuro			3	565		
No. 3	-			3	591		
No. 4	-			3	617		
No. 5	-			3	641		
No. 6	-			3	665		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				3	690		
1	-	11	-	3	710		
2	-	12	-	3	735		
3	-	13	-	3	755		
4	-	14	-	3	779		
5	-	15	-	3	801		
6	-	16	-	3	820		
7	-	17	-	3	840		
8	-	18	-	3	860		
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S5		SONDEO No	S6	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)	
A:	Colonia Puntarenas		A:	Colonia Puntarenas	

FOTOS

S5	S6
-----------	-----------

FOTO 1	FOTO 1
--------	--------



FOTO 2	FOTO 2
--------	--------



FOTO 3	FOTO 3
--------	--------



FECHA	26/02/2014	APUNTADOR	AUC
-------	------------	-----------	-----

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	360	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	6 a 7.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	14	0	3	1	865
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			3	31		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			3	57		
A:	Colonia Puntarenas			3	100		
3. SONDEOS				3	147		
SONDEO No	SONDEO 7			3	196		
ESTACIONAMIENTO	Calle C			2	235		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	2	279		
N	10	49	41.2	2	330		
W	84	57	46.0	1	361		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	390		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	419		
No. 1	CGR	10.0		1	444		
No. 2	SR	-		1	470		
No. 3	-	-		1	495		
No. 4	-	-		1	523		
No. 5	-	-		1	550		
No. 6	-	-		1	572		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	591		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm			1	610		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café			1	626		
No. 3	-			1	643		
No. 4	-			1	660		
No. 5	-			1	674		
No. 6	-			1	694		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	709		
1	-	11	-	1	723		
2	-	12	-	1	740		
3	-	13	-	1	755		
4	-	14	-	1	767		
5	-	15	-	1	780		
6	-	16	-	1	791		
7	-	17	-	1	805		
8	-	18	-	1	814		
9	-	19	-	1	825		
10	-	20	-	1	851		
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	360	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	6-7.5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	14	0	27		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			3	75		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			3	120		
A:	Colonia Puntarenas			2	150		
3. SONDEOS				2	184		
SONDEO No	SONDEO 8			2	223		
ESTACIONAMIENTO	Calle C			2	275		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	305		
N	10	49	36.4	1	335		
W	84	57	44.5	1	355		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	394		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	424		
No. 1	CGR	20.0		1	454		
No. 2	SR	-		1	482		
No. 3	-	-		1	509		
No. 4	-	-		1	539		
No. 5	-	-		1	562		
No. 6	-	-		1	590		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	610		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo T _{max} =10cm			1	631		
No. 2	Suelo arcilloso color café anaranjado, mal olor			1	651		
No. 3	-			1	670		
No. 4	-			1	690		
No. 5	-			1	710		
No. 6	-			1	729		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	745		
1	-	11	-	1	763		
2	-	12	-	1	778		
3	-	13	-	1	794		
4	-	14	-	1	806		
5	-	15	-	1	822		
6	-	16	-	1	836		
7	-	17	-	1	850		
8	-	18	-	1	865		
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S7		SONDEO No	S8	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)	
A:	Colonia Puntarenas		A:	Colonia Puntarenas	

FOTOS
S7
FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3

S8
FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3

FECHA

26/02/2014

APUNTADOR
AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	290	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	4	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	14	0	18		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-135-00			5	91		
DE:	(ENT. N.4) Colonia Puntarenas			5	189		
A:	(ENT. C.98)Los Tijos			3	260		
3. SONDEOS				2	320		
SONDEO No	SONDEO 9			2	374		
ESTACIONAMIENTO	Calle 9			1	405		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	436		
N	10	49	50.7	1	465		
W	84	57	43.3	1	491		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	523		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	556		
No. 1	CGR	30.0		1	587		
No. 2	SR	-		1	607		
No. 3	-	-		1	632		
No. 4	-	-		1	651		
No. 5	-	-		1	680		
No. 6	-	-		1	704		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	729		
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm			1	748		
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café			1	763		
No. 3	-			1	780		
No. 4	-			1	795		
No. 5	-			1	810		
No. 6	-			1	830		
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA				1	855		
1	-	11	-	1	874		
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	127	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	3 a 5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	7 a 10	0	10		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			3	51		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			3	106		
A:	Colonia Puntarenas			3	169		
3. SONDEOS				3	229		
SONDEO No	SONDEO 10			3	300		
ESTACIONAMIENTO	Calle 3			3	363		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	3	420		
N	10	49	47.9	3	472		
W	84	57	50.3	3	526		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				3	581		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		3	635		
No. 1	CGR	10		3	698		
No. 2	SR	-		3	745		
No. 3	-	-		3	805		
No. 4	-	-		3	871		
No. 5	-	-					
No. 6	-	-					
CAPAS	DESCRIPCIÓN						
No. 1	Superficie de ruedo granular de material de río redondeado de sobretamaño, combinado con arena y suelo Tmax=15-20cm						
No. 2	Suelo limoso-arcilloso color café						
No. 3	-						
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1	-	11	-				
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S9		SONDEO No	S10	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)	
A:	Colonia Puntarenas		A:	Colonia Puntarenas	

FOTOS
S9
FOTO 1

S10
FOTO 1

FOTO 2

FOTO 2

FOTO 3

FOTO 3
FECHA

02/2014-07/2017

APUNTADOR
AUC

1. UBICACIÓN		2. DIMENSIONES GENERALES		6. CBR (DCP)			
PROVINCIA	Alajuela	LONGITUD (m):	130	MASA UTILIZADA (kg)	8		
CANTON	Upala	ANCHO PROM SR (m):	3 a 5	No. GOLPES	LECTURA (mm)	No. GOLPES	LECTURA (mm)
DISTRITO	Colonia Puntarenas	ANCHO PROM DV (m):	7 a 10	0	19		
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00			5	60		
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)			5	169		
A:	Colonia Puntarenas			1	220		
3. SONDEOS				1	259		
SONDEO No	SONDEO 11			1	295		
ESTACIONAMIENTO	Calle 5			1	342		
COORDENADAS GPS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	1	380		
N	10	49	42.4	1	412		
W	84	57	50.4	1	447		
4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1	480		
CAPAS	DENOMINACION	ESPESOR (cm)		1	519		
No. 1	CGR	5 a 10		1	555		
No. 2	SR	-		1	592		
No. 3	-	-		1	633		
No. 4	-	-		1	675		
No. 5	-	-		1	722		
No. 6	-	-		1	770		
CAPAS	DESCRIPCIÓN			1	814		
No. 1	-			1	865		
No. 2	-						
No. 3	-						
No. 4	-						
No. 5	-						
No. 6	-						
5. LECTURAS DEL ANILLO DE CARGA							
1	-	11	-				
2	-	12	-				
3	-	13	-				
4	-	14	-				
5	-	15	-				
6	-	16	-				
7	-	17	-				
8	-	18	-				
9	-	19	-				
10	-	20	-				
7. CONDICIONES DEL SITIO Y OBSERVACIONES GENERALES							
FECHA	21/06/2017			APUNTADOR	FPF		

UBICACIÓN

PROVINCIA	ALAJUELA	CANTON	UPALA	DISTRITO	UPALA-COLONIA-PUNTARENAS
SONDEO No	S11		SONDEO No	0	
CODIGO DEL CAMINO	2-13-149-00		CODIGO DEL CAMINO	0	
DE:	Calles Urbanas (cuadrantes)		DE:	0	
A:	Colonia Puntarenas		A:	0	

FOTOS

S11	0
------------	----------

FOTO 1	FOTO 1
--------	--------



FOTO 2	FOTO 2
--------	--------



FOTO 3	FOTO 3
--------	--------

--	--

FECHA	01/07/2017	APUNTADOR	AUC
-------	------------	-----------	-----



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 3. Informes de laboratorio caracterización de suelos (sondeos)

Informe LM-PI-GM-INF-07-2017

Octubre 2017

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr

Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.

Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

No. de informe: I-0359-14

Informe de Ensayo

RC-80 v.05 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

Informe Parcial

ST- 0225 -14

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal (Ing. Eliecer Arias).
Proyecto: Municipalidad de Upala (Colonia Puntarenas).
Domicilio: 400 metros norte de Muñoz y Nanne, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

IT-GC-01 (ASTM D 422) (**)
Método de ensayo para el análisis de tamaño de partículas de suelo (vía seca y húmeda).
IT-GC-04 (ASTM D 854) (*)
Procedimiento para determinar la gravedad específica del suelo mediante un picnómetro con agua.
IT-GC-05 (ASTM D 4318) (*)
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.
IT-GC-06 (AASHTO T 99) (*)
Procedimiento estándar de ensayo para la relación densidad-humedad de suelos usando un mazo de 2,5 kg y una caída de 305 mm.
IT-GC-08 (AASHTO T 193) (*)
Método estándar de ensayo para determinar el índice de soporte de California (CBR).

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

(**) Ensayo no acreditado.

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

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
0462-14	2 Bolsas con suelo subrasante. Identificadas por el interesado: sondeo 6, S 6. Material limo – arcilloso, color café rojizo, con partículas cristalizadas y puntos negros (aparente carbón).

No. de informe: I-0359-14

0465-14

2 Bolsas con suelo subrasante. Identificadas por el interesado como: sondeo 9, S 9. Material limo – arcilloso, color café amarillento con material rocoso en descomposición, con vetas grises, negras y naranja.

Aportadas por:

Ing. Andrey Chavarría.

Fecha de recepción :

14/03/06

Fecha de realización del ensayo:

14/03/17 - 14/04/10

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo:

14/02/26

Ubicación:

Upala, Colonia Puntarenas.

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, en el cuarto húmedo.

5. Resultados:

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

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLASTICIDAD
0462-14	76	38	37
0465-14	51	27	24

Nota:

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

Tabla 2. Gravedad específica del suelo. Muestras Indicadas.

MUESTRA	MÉTODO	G _T	G _s
0462-14	A	2,772	2,770
0465-14	A	2,723	2,722

No. de informe: I-0359-14

Tabla 3. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0462-14.

MASA INICIAL: 768 g MASA FINAL: 45,3 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100
N° 4	4,75	0,98	0,13	0,13	100
N° 10	2,00	3,73	0,49	0,61	99,4
N° 20	0,85	4,10	0,53	1,15	98,9
N° 40	0,43	6,31	0,82	1,97	98,0
N°60	0,25	7,81	1,02	2,98	97,0
N°100	0,15	9,68	1,26	4,24	95,8
N°140	0,11	6,65	0,87	5,11	94,9
N°200	0,08	6,01	0,78	5,89	94,1

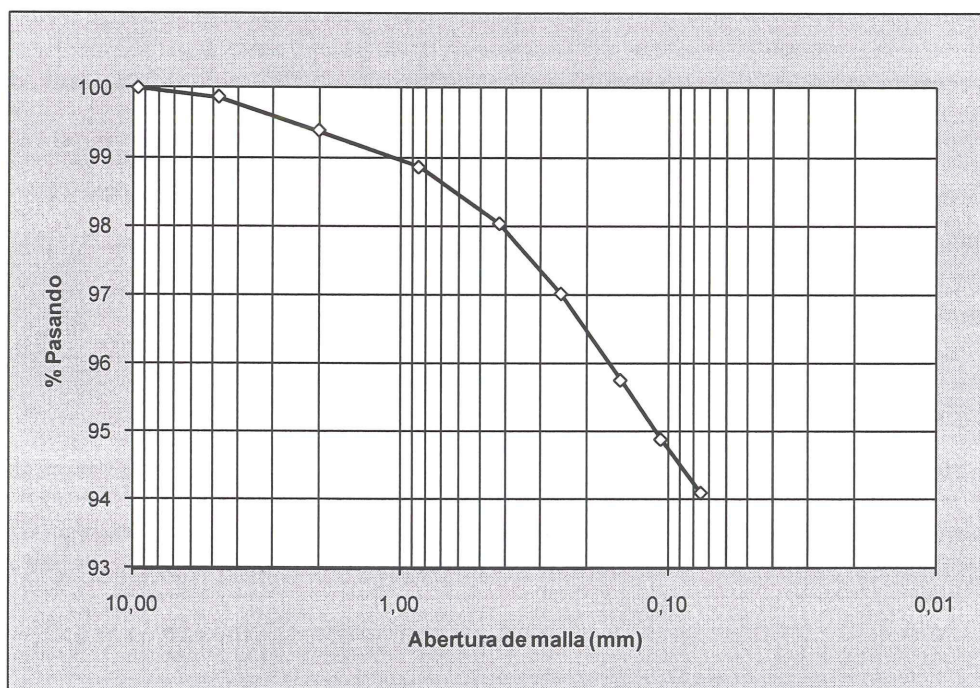


Gráfico 1. Curva granulométrica: muestra 0462-14.

No. de informe: I-0359-14

Tabla 4. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0465-14.

MASA INICIAL: 2361 g MASA FINAL: 1311 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100
1 1/2"	37,5	31,9	1,35	1,35	98,6
1"	25,0	148	6,25	7,60	92,4
3/4"	19,0	129	5,47	13,1	86,9
1/2"	12,5	265	11,2	24,3	75,7
3/8"	9,50	156	6,61	30,9	69,1
N° 4	4,75	178	7,55	38,5	61,5
N° 10	2,00	102	4,32	42,8	57,2
N° 20	0,85	69,9	2,96	45,7	54,3
N° 40	0,43	71,3	3,02	48,7	51,3
N°60	0,25	56,2	2,38	51,1	48,9
N°100	0,15	42,9	1,82	52,9	47,1
N°140	0,11	26,9	1,14	54,1	45,9
N°200	0,08	33,4	1,42	55,5	44,5

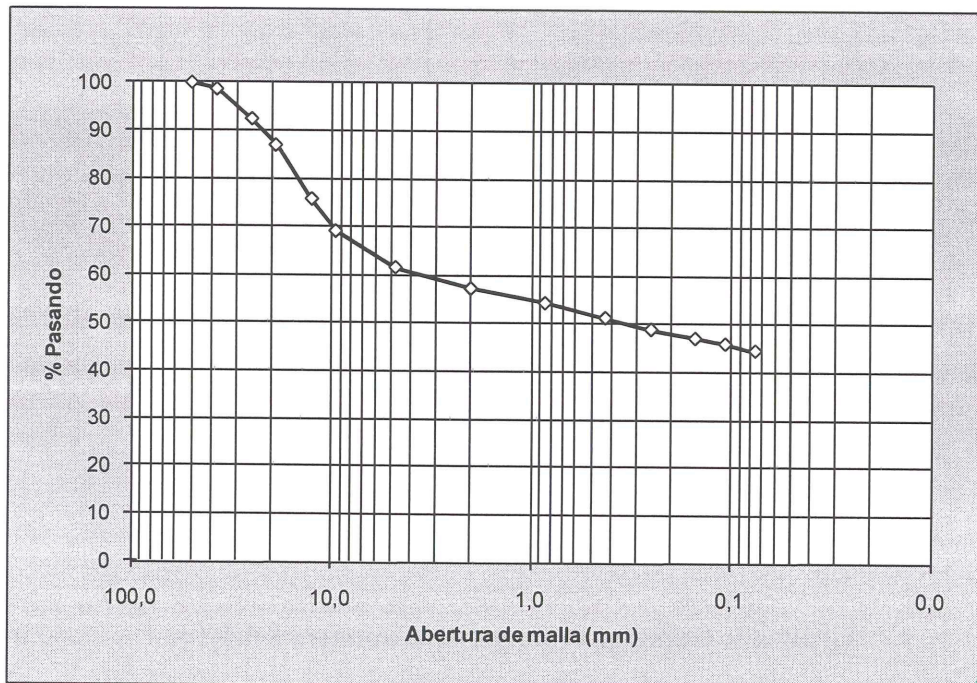


Gráfico 2. Curva granulométrica: muestra 0465-14.

No. de informe: I-0359-14

Tabla 5. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0462-14.

Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,50
N° 4	100	4,75
N° 10	99,7	2,00
N° 20	99,0	0,85
N° 40	97,9	0,43
N° 60	96,7	0,25
N° 100	95,1	0,15
N° 140	94,2	0,11
N° 200	93,3	0,08
	82,1	0,03
	81,0	0,02
	79,0	0,01
	77,0	0,01
	73,9	0,00
	67,1	0,00
	61,9	0,00
Tiempo de dispersión:		16h

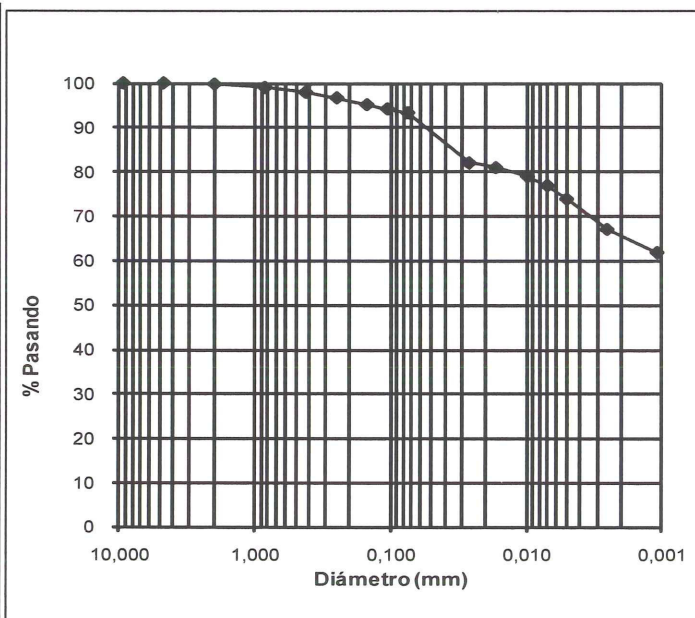
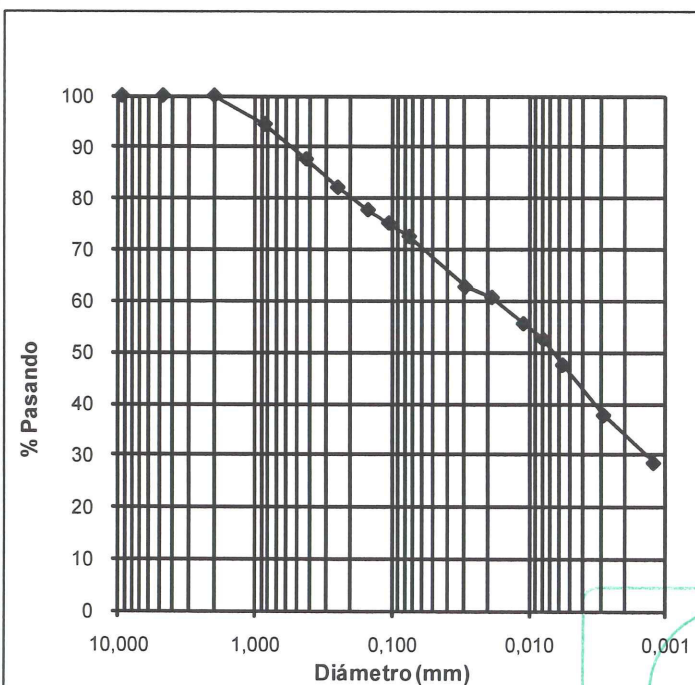


Tabla 6. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0465-14.

Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,50
N° 4	100	4,75
N° 10	100,0	2,00
N° 20	94,5	0,85
N° 40	87,6	0,43
N° 60	82,1	0,25
N° 100	77,7	0,15
N° 140	75,2	0,11
N° 200	72,5	0,08
	62,7	0,03
	60,7	0,02
	55,7	0,01
	52,6	0,01
	47,7	0,01
	37,9	0,00
	28,6	0,00
Tiempo de dispersión:		16h



Nota: El porcentaje de partículas pasando el tamiz No.10 para la muestra 465-14 es de 59,0 %.

No. de informe: I-0359-14

Tabla 7. Resultados próctor estándar: muestra 0462-14.

RESULTADOS	
Ensayo	Próctor Estándar
Preparación del material	Seco al aire
Contenido de humedad del material recibido inicial	NO
Contenido de agua óptimo	41,0%
Densidad seca máxima estándar	1226 kg/m³
Dosificación:	
Gruesos	100%
Finos	0%
Mazo	Mecánico
Método	C
Origen del material	--
Corrección sobretamaño	No

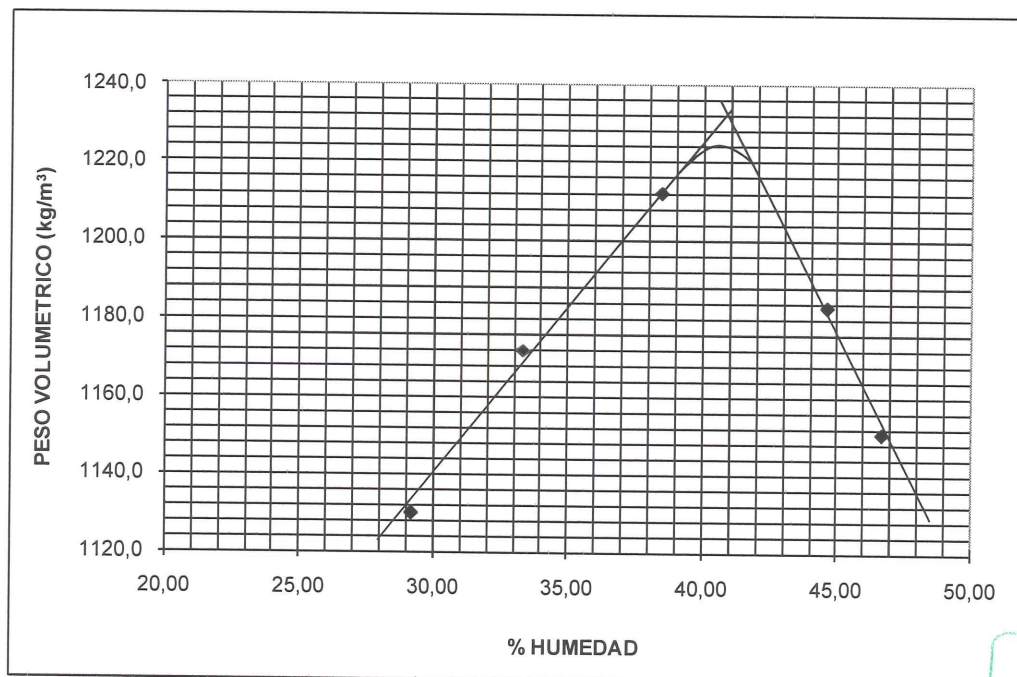


Gráfico 3. Peso volumétrico contra humedad: muestra 0462-14.

No. de informe: I-0359-14

Tabla 8. Resultados de CBR: muestra 0462-14.

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/m³)	C (%)	W (%)
56	23	1230	100	41,3
25	24	1188	96,9	41,3
10	25	1137	92,7	41,6

MOLDE	% EXPANSIÓN			
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
23	*	*	0,50	0,53
24	*	*	0,61	0,64
25	*	*	0,70	0,74

PENETRACIÓN	ESFUERZO UNITARIO DE COMPACTACIÓN MOLDES		
	23	24	25
(pulg)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,30	0,29	0,31
0,05	1,45	0,65	0,50
0,08	4,04	2,53	1,23
0,10	5,03	3,80	1,83
0,13	5,81	4,60	2,37
0,15	6,32	5,10	2,79
0,20	6,58	5,68	3,27
0,30	7,28	6,24	3,90
0,40	7,98	6,83	4,52
0,50	8,64	7,39	5,07

No. GOLPES	C	% CBR CALCULADO		% CBR CORREGIDO	
	(%)	0,1 pulg	0,2 pulg	0,1 pulg	0,2 pulg
56	100	7,15	6,27	8,52	6,48
25	96,9	5,40	5,41	6,96	5,62
10	92,7	2,60	3,11	2,60	3,11

Nota:

- (*) Los valores corresponden a las lecturas de fin de semana.
- Los valores de CBR para la curva 56 y 25 golpes fueron corregidos por la curvatura según norma.

No. de informe: I-0359-14

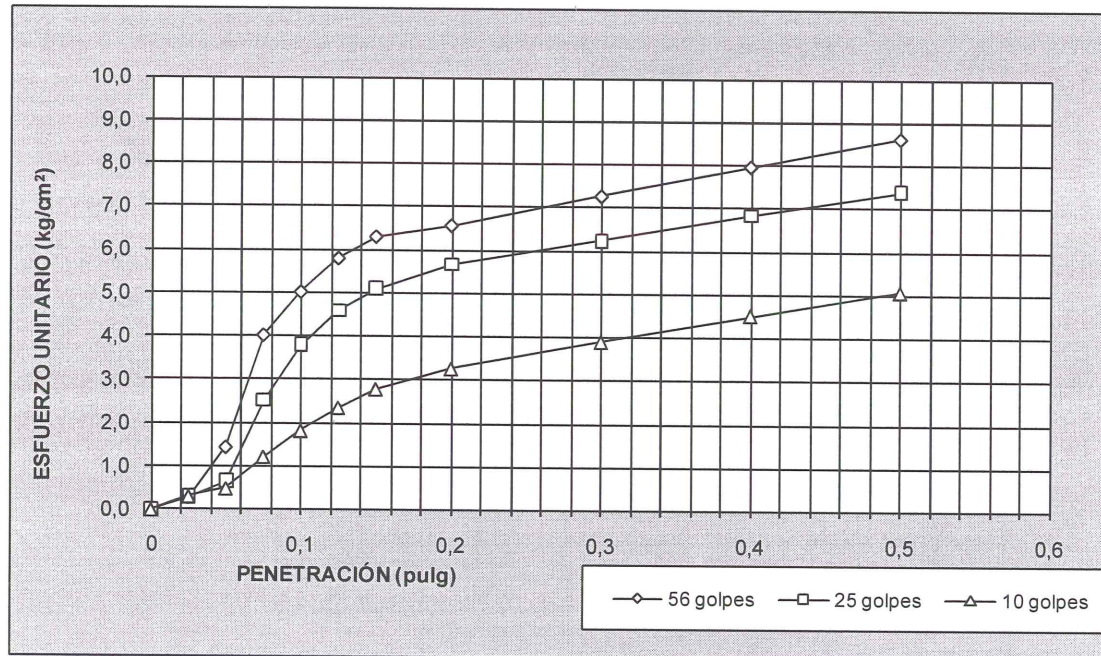


Gráfico 4. Esfuerzo unitario contra penetración: muestra 0462-14.

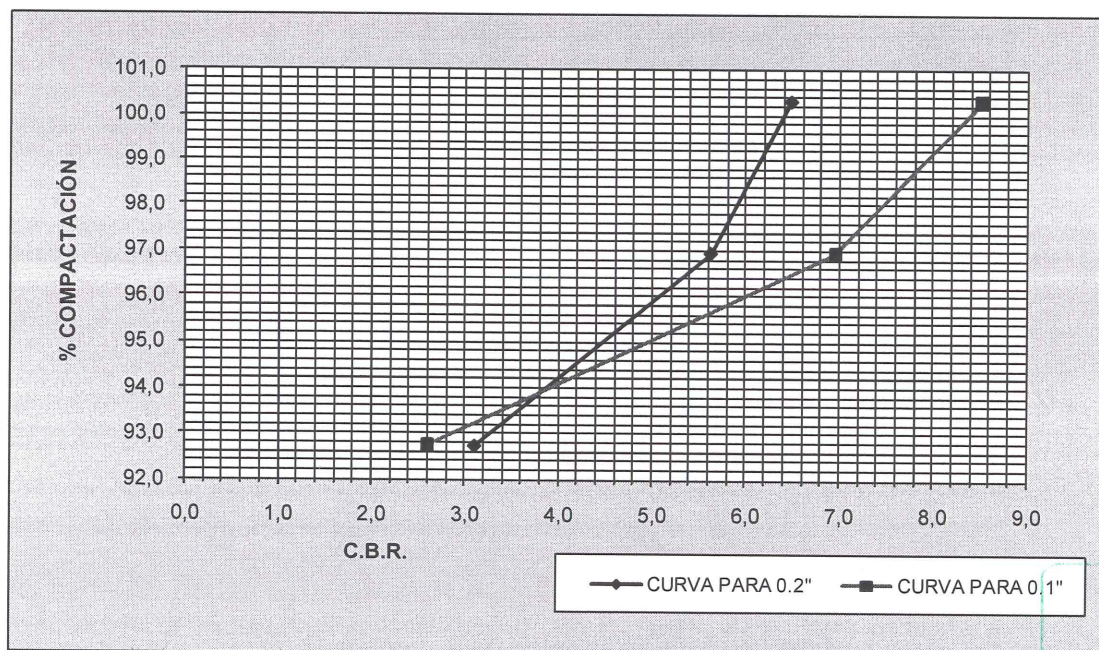


Gráfico 5. Porcentaje de compactación contra CBR: muestra 0462-14.

No. de informe: I-0359-14

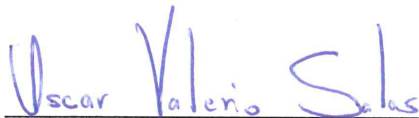
Nota:

- El ensayo del hidrómetro es realizado para todas las muestras con material pasando el tamiz N° 10.
- Se recomienda la repetición del ensayo de CBR para la muestra No. 0462-13, según norma debido a que los valores de CBR para la curva de 0,2" (5,08 mm) son mayores que los valores de CBR para la curva de 0,1" (2,54 mm) de penetración.

Aclaraciones:

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

Revisó:



Ing. Oscar Valerio Salas
Coordinador General de Laboratorios
Infraestructura Civil, a.i.

Aprobó:



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

No. de informe: I-0413-14

Informe de Ensayo

RC-80 v.05 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0226 -14

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Gestión Municipal (Ing. Eliecer Arias).
Proyecto: Municipalidad de Upala (Colonia Puntarenas).
Domicilio: 400 metros norte de Muñoz y Nanne, San Pedro, Montes de Oca, San José.

2. Método de ensayo:

IT-GC-01 (ASTM D 422) (**)

Método de ensayo para el análisis de tamaño de partículas de suelo (vía seca y húmeda).

IT-GC-04 (ASTM D 854) (*)

Procedimiento para determinar la gravedad específica del suelo mediante un picnómetro con agua.

IT-GC-05 (ASTM D 4318) (*)

Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

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

(**) Ensayo no acreditado.

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

No. de identificación:

Descripción:

0457-14

1 Bolsa con suelo de subrasante. Identificado por el interesado como: Sondeo 1, S 1. Suelo limo-arcilloso, color naranja con vetas amarillas y presencia de partículas rocosas de color gris.

0458-14

1 Bolsa con suelo de subrasante. Identificado por el interesado como: Sondeo 2, S 2. Suelo limoso de color café con vetas negras.

0459-14

1 Bolsa con suelo subrasante. Identificado por el interesado como: Sondeo 3, S 3. Suelo limoso-arcilloso color café oscuro.

No. de informe: I-0413-14

- 0460-14 1 Bolsa con suelo subrasante. Identificado por el interesado como: Sondeo 4, S 4. Suelo limoso-arcilloso color café oscuro con escasas vetas de color negro y muy poca presencia de material rocoso.
- 0461-14 1 Bolsa con relleno granular. Identificada por el interesado como: Sondeo 5, S 5. Suelo arcillo-limoso color café con vetas negras y algunas partículas rocosas de color amarillo.
- 0463-14 1 Bolsa con suelo subrasante. Identificada por el interesado como: Sondeo 7, S 7. Material arcillo-limoso color café claro con vetas amarillas y negras y algunas partículas rocosas de color gris.
- 0464-14 1 Bolsa con suelo subrasante. Identificada por el interesado como: Sondeo 8, S 8. Material limo-arcilloso color rosado-cafezusco con vetas blancas, amarillentas, anaranjadas, rojas y lila, también tiene rastros de material rocoso en descomposición.

Aportadas por: Ing. Andrey Chavarría.

Fecha de recepción : 14/03/06

Fecha de realización del ensayo: 14/04/04 – 14/04/28

4. Información del muestreo:

Fecha de muestreo: 14/02/26

Ubicación: Upala, Colonia Puntarenas.

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, en el cuarto húmedo.

No. de informe: I-0413-14

5. Resultados:

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

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLASTICIDAD
0457-14	76	44	31
0458-14	73	37	35
0459-14	70	38	33
0460-14	73	39	34
0461-14	75	40	36
0463-14	77	42	34
0464-14	77	43	35

Nota:

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

Tabla 2. Gravedad específica del suelo. Muestras Indicadas.

MUESTRA	MÉTODO	G _T	G _S
0457-14	A	2,774	2,772
0458-14	A	2,732	2,730
0459-14	A	2,761	2,759
0460-14	A	2,750	2,749
0461-14	A	2,751	2,749
0463-14	A	2,763	2,762
0464-14	A	2,761	2,759

Tabla 3. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0457-14.

MASA INICIAL: 542 g MASA FINAL: 101 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	10,1	1,86	1,86	98,1
3/8"	9,50	11,2	2,06	3,92	96,1
N° 4	4,75	24,5	4,52	8,44	91,6
N° 10	2,00	29,6	5,46	13,9	86,1
N° 20	0,85	9,24	1,70	15,6	84,4
N° 40	0,43	4,93	0,91	16,5	83,5
N° 60	0,25	3,55	0,65	17,2	82,8
N° 100	0,15	3,11	0,57	17,7	82,3
N° 140	0,11	2,04	0,38	18,1	81,9
N° 200	0,08	2,41	0,44	18,6	81,4

No. de informe: I-0413-14

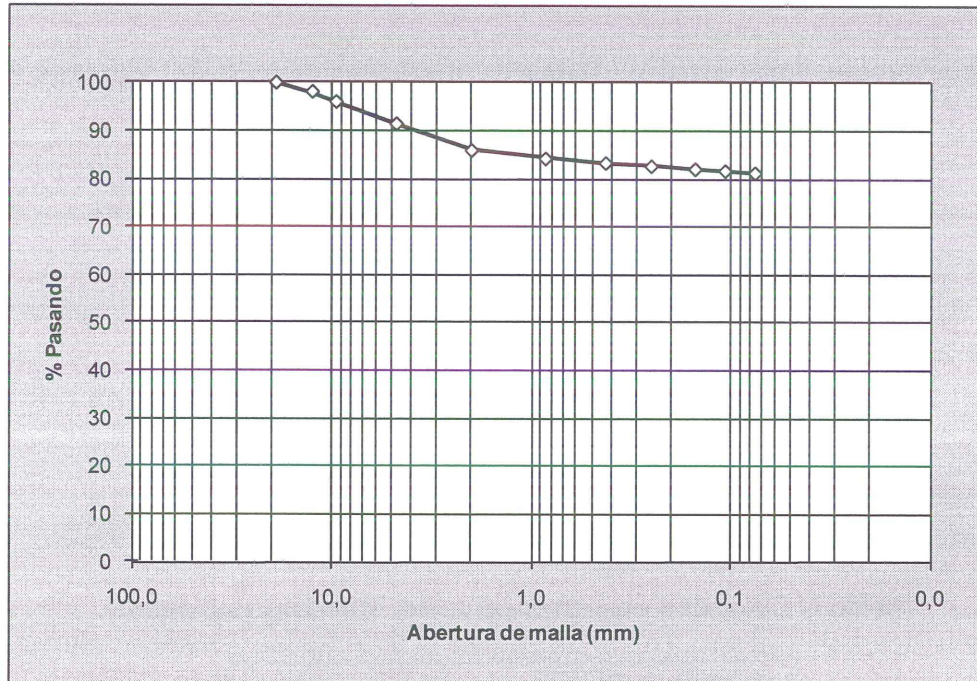


Gráfico 1. Curva granulométrica: muestra 0457-14.

Tabla 4. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0458-14.

MASA INICIAL: 459 g MASA FINAL: 43,9 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100
N° 4	4,75	0,64	0,14	0,14	100
N° 10	2,00	2,58	0,56	0,70	99,3
N° 20	0,85	4,68	1,02	1,72	98,3
N° 40	0,43	6,94	1,51	3,23	96,8
N°60	0,25	7,93	1,73	4,96	95,0
N°100	0,15	8,69	1,89	6,85	93,1
N°140	0,11	6,21	1,35	8,21	91,8
N°200	0,08	6,19	1,35	9,55	90,4

No. de informe: I-0413-14

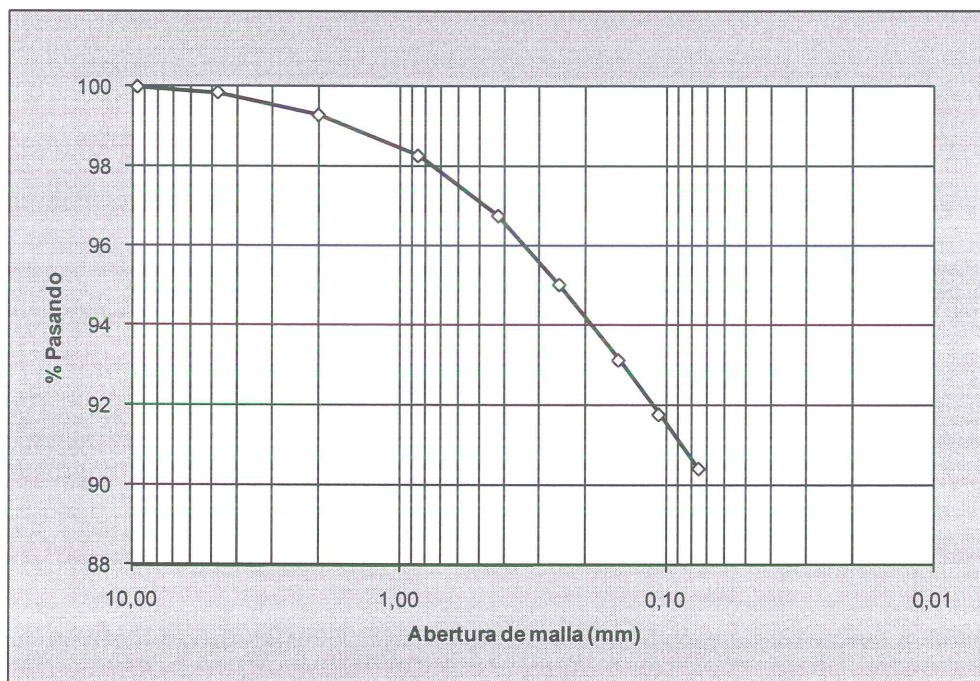


Gráfico 2. Curva granulométrica: muestra 0458-14.

Tabla 5. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0459-14.

MASA INICIAL: 431 g MASA FINAL: 29,0 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100
Nº 4	4,75	0,29	0,07	0,07	100
Nº 10	2,00	1,58	0,37	0,43	100
Nº 20	0,85	1,93	0,45	0,88	99,1
Nº 40	0,43	3,73	0,86	1,75	98,3
Nº60	0,25	5,34	1,24	2,98	97,0
Nº100	0,15	6,76	1,57	4,55	95,4
Nº140	0,11	4,81	1,12	5,67	94,3
Nº200	0,08	4,53	1,05	6,72	93,3

No. de informe: I-0413-14

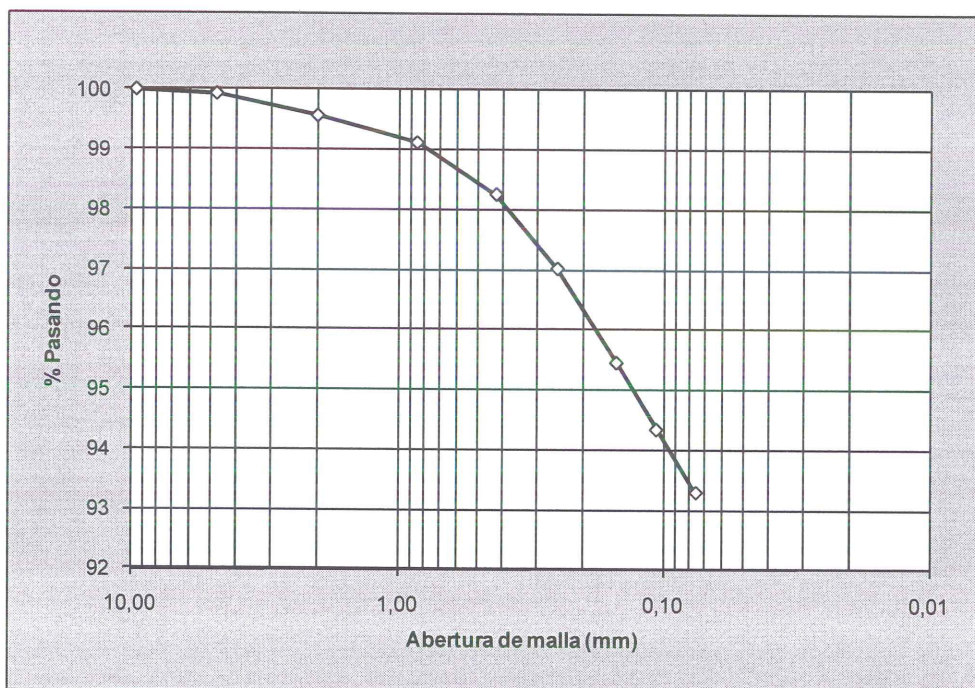


Gráfico 3. Curva granulométrica: muestra 0459-14.

Tabla 6. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0460-14.

MASA INICIAL: 379 g MASA FINAL: 20,0 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100
Nº 4	4,75	0,22	0,06	0,06	100
Nº 10	2,00	0,32	0,08	0,14	100
Nº 20	0,85	0,64	0,17	0,31	100
Nº 40	0,43	2,05	0,54	0,85	99,1
Nº60	0,25	3,77	1,00	1,85	98,2
Nº100	0,15	5,26	1,39	3,24	96,8
Nº140	0,11	3,82	1,01	4,25	95,8
Nº200	0,08	3,87	1,02	5,27	94,7

No. de informe: I-0413-14

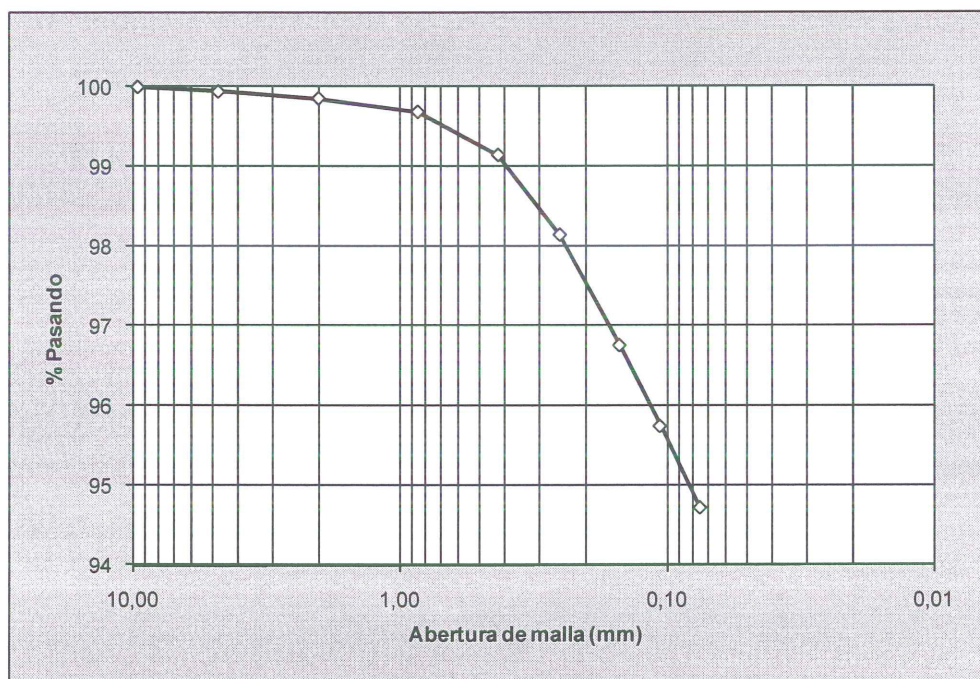


Gráfico 4. Curva granulométrica: muestra 0460-14.

Tabla 7. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0461-14.

MASA INICIAL: 411 g MASA FINAL: 25,9 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100
Nº 4	4,75	0,74	0,18	0,18	100
Nº 10	2,00	1,40	0,34	0,52	99,5
Nº 20	0,85	1,76	0,43	0,95	99,1
Nº 40	0,43	3,09	0,75	1,70	98,3
Nº 60	0,25	4,75	1,16	2,86	97,1
Nº 100	0,15	6,07	1,48	4,34	95,7
Nº 140	0,11	4,21	1,03	5,36	94,6
Nº 200	0,08	3,91	0,95	6,32	93,7

No. de informe: I-0413-14

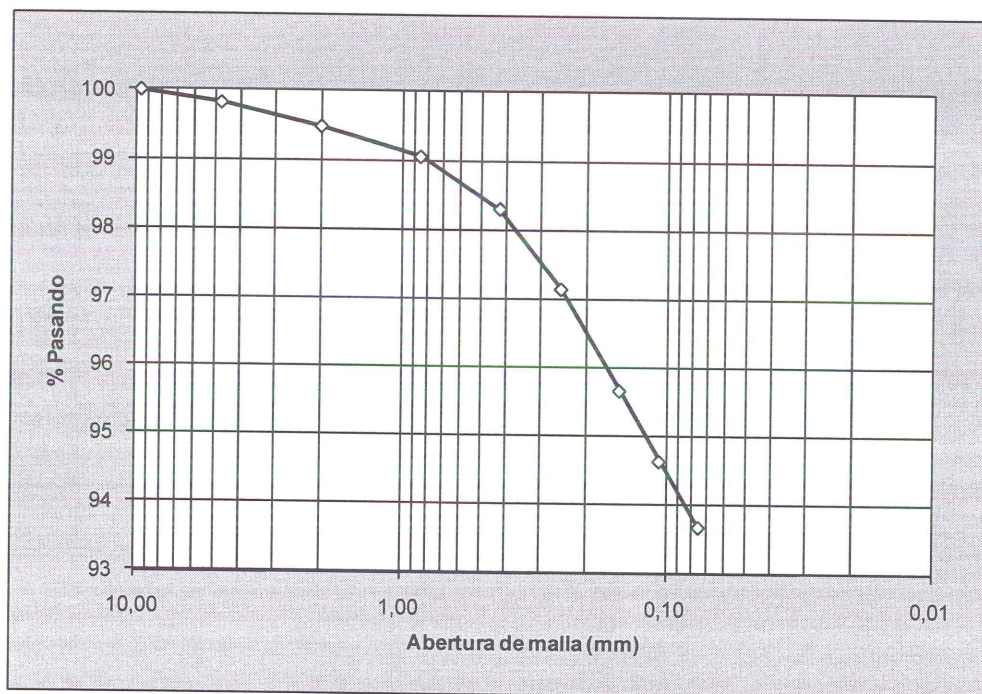


Gráfico 5. Curva granulométrica: muestra 0461-14.

Tabla 8. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0463-14.

MASA INICIAL: 377 g MASA FINAL: 14,9 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET.	% RET.	% RET AC.	% PAS.
N° 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100
N° 10	2,00	0,45	0,12	0,12	100
N° 20	0,85	0,94	0,25	0,37	100
N° 40	0,43	1,95	0,52	0,89	99,1
N°60	0,25	2,88	0,76	1,65	98,3
N°100	0,15	3,59	0,95	2,60	97,4
N°140	0,11	2,57	0,68	3,28	96,7
N°200	0,08	2,50	0,66	3,95	96,1

No. de informe: I-0413-14

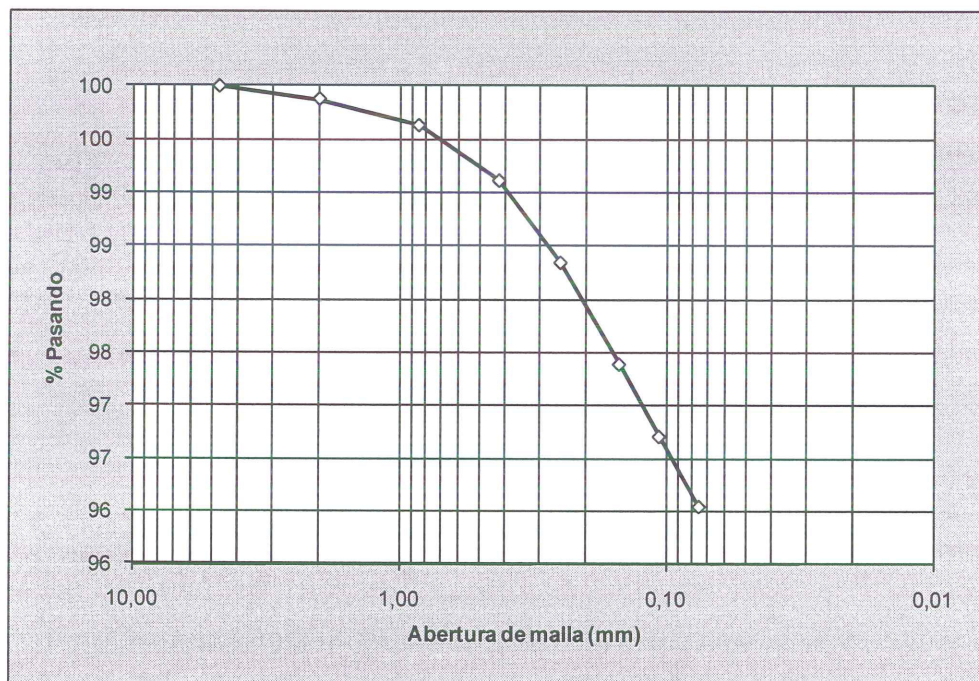


Gráfico 6. Curva granulométrica: muestra 0463-14.

Tabla 9. Análisis granulométrico de suelos vía seca: muestra 0464-14.

MASA INICIAL:		473 g	MASA FINAL:		66,0 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	1,87	0,39	0,39	100
3/8"	9,50	6,14	1,30	1,69	98,3
N° 4	4,75	12,0	2,54	4,23	95,8
N° 10	2,00	12,1	2,56	6,79	93,2
N° 20	0,85	6,26	1,32	8,12	91,9
N° 40	0,43	6,18	1,31	9,42	90,6
N°60	0,25	6,01	1,27	10,7	89,3
N°100	0,15	6,15	1,30	12,0	88,0
N°140	0,11	4,42	0,93	12,9	87,1
N°200	0,08	4,77	1,01	13,9	86,1

No. de informe: I-0413-14

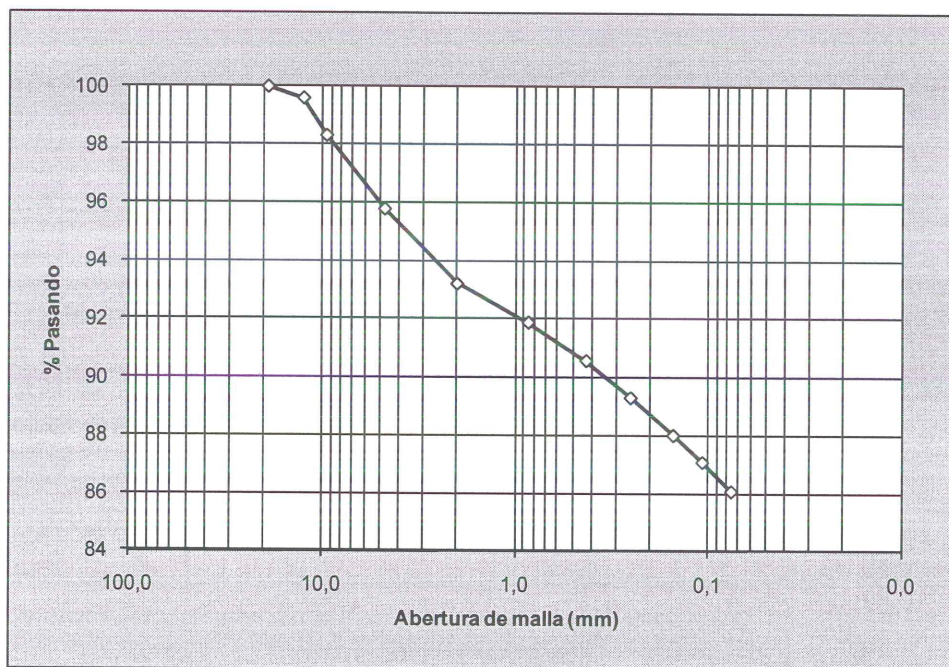
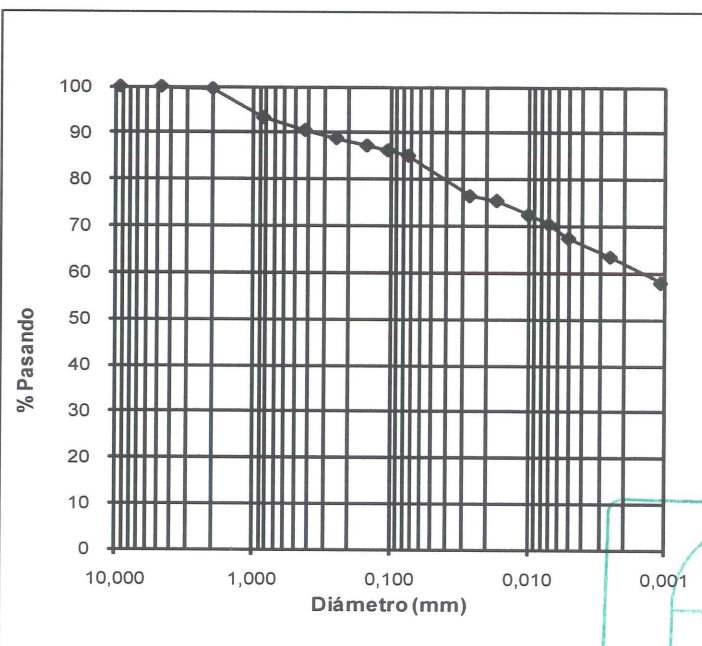


Gráfico 7. Curva granulométrica: muestra 0464-14.

Tabla 10. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0457-14.

Dispositivo de dispersión: Batidora		
Tamiz No.	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100	9,50
Nº 4	100	4,75
Nº 10	99,5	2,00
Nº 20	93,3	0,85
Nº 40	90,6	0,43
Nº 60	88,9	0,25
Nº 100	87,3	0,15
Nº 140	86,3	0,11
Nº 200	85,1	0,08
	76,5	0,03
	75,5	0,02
	72,5	0,01
	70,6	0,01
	67,5	0,01
	63,7	0,00
	58,1	0,00
Tiempo de dispersión:		16h



No. de informe: I-0413-14

Tabla 11. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0458-14.

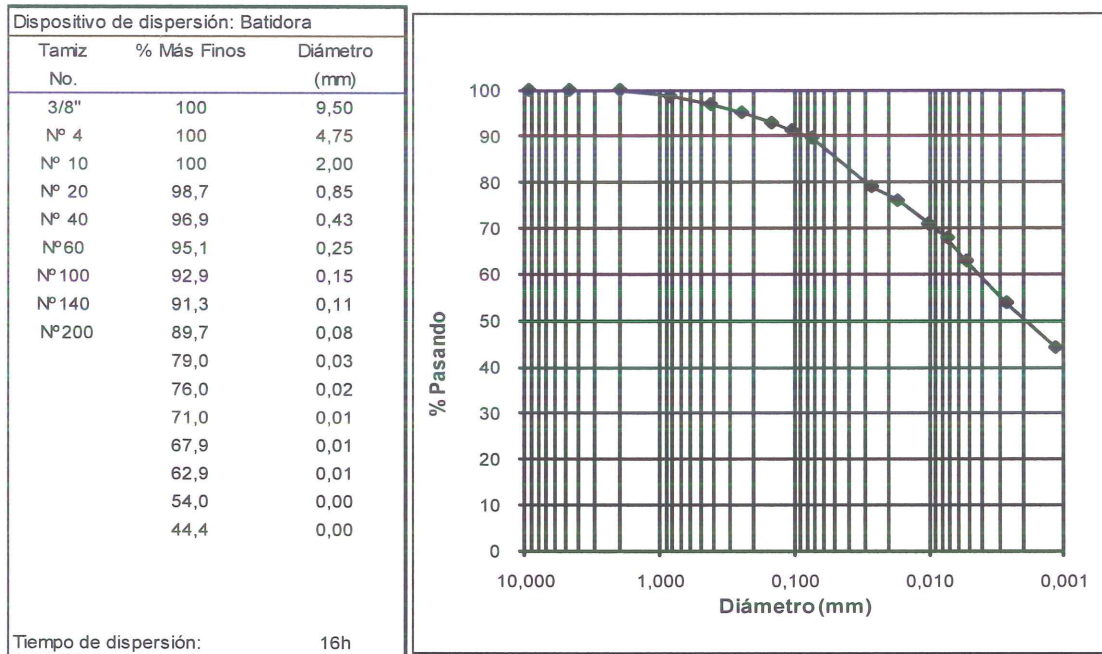
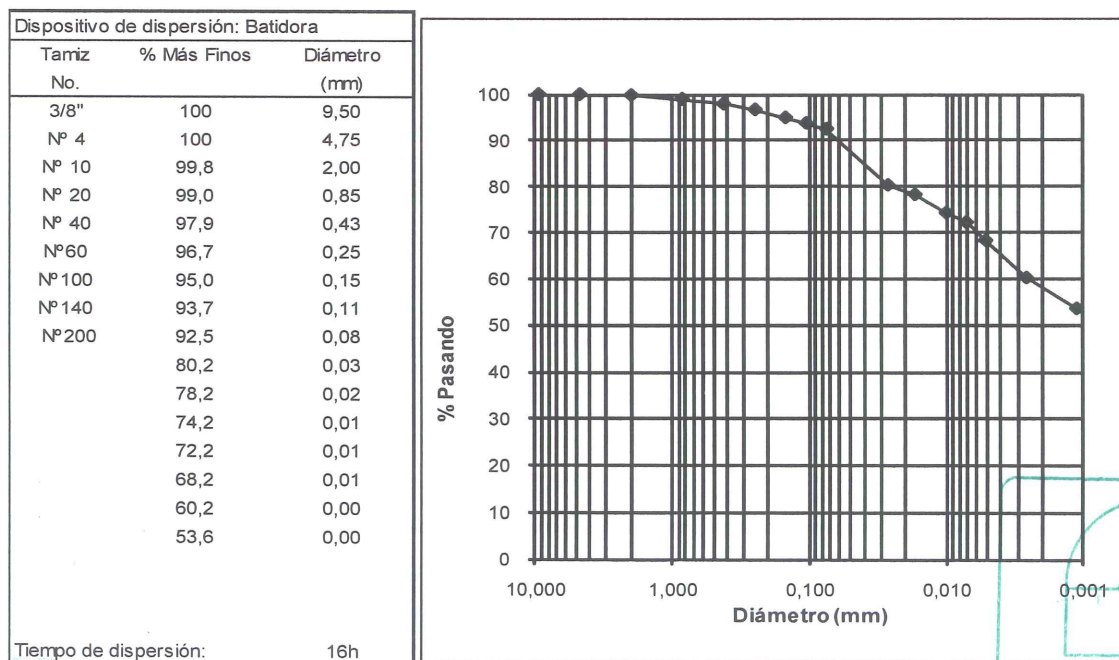


Tabla 12. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0459-14.



No. de informe: I-0413-14

Tabla 13. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0460-14.

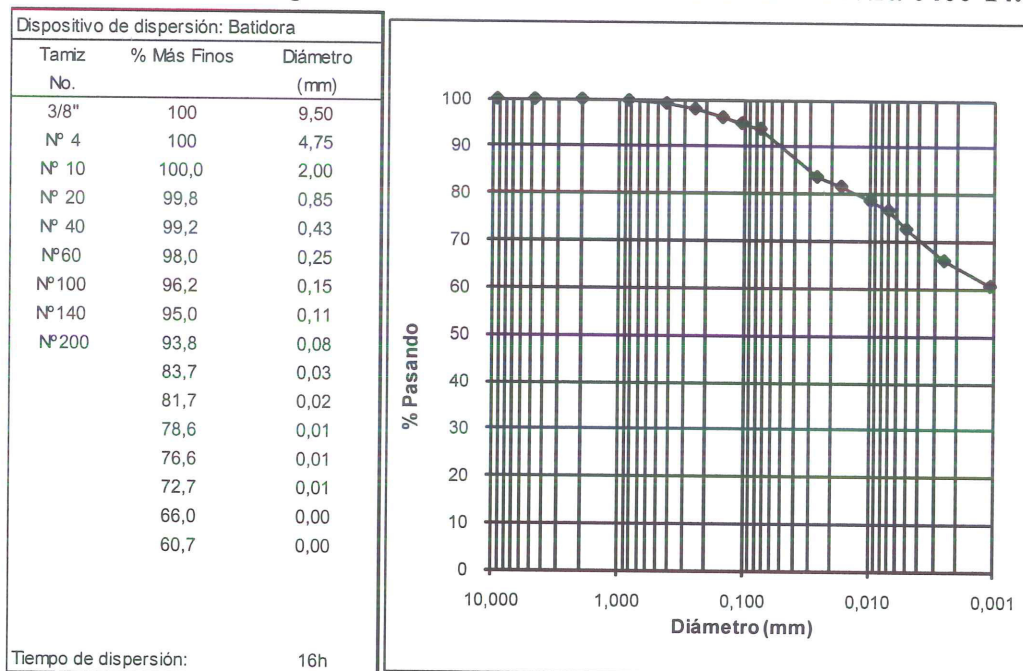
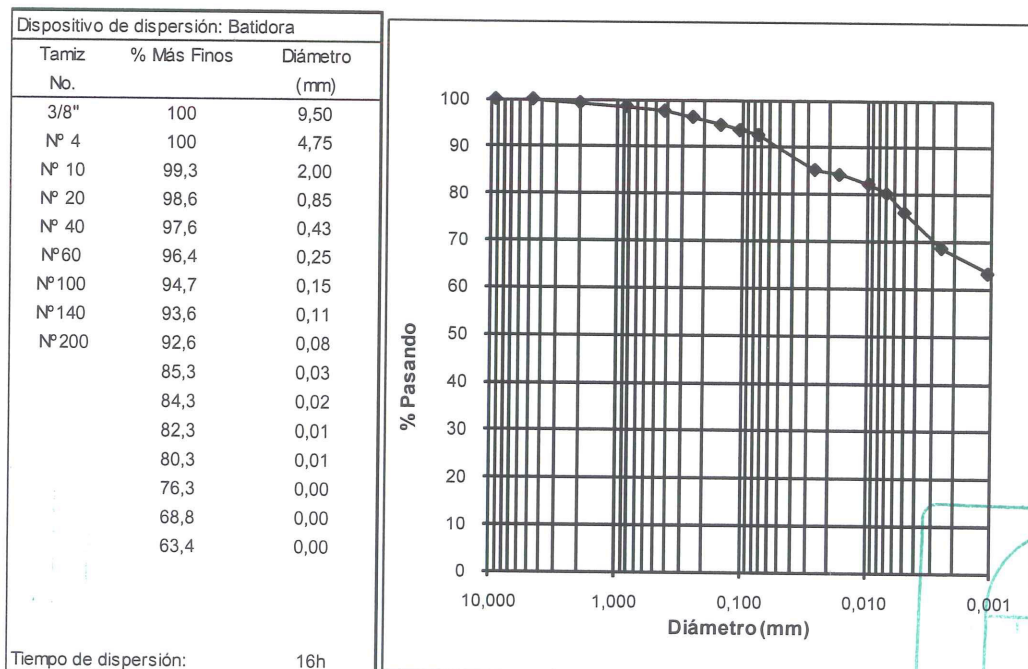


Tabla 14. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0461-14.



No. de informe: I-0413-14

Tabla 15. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0463-14.

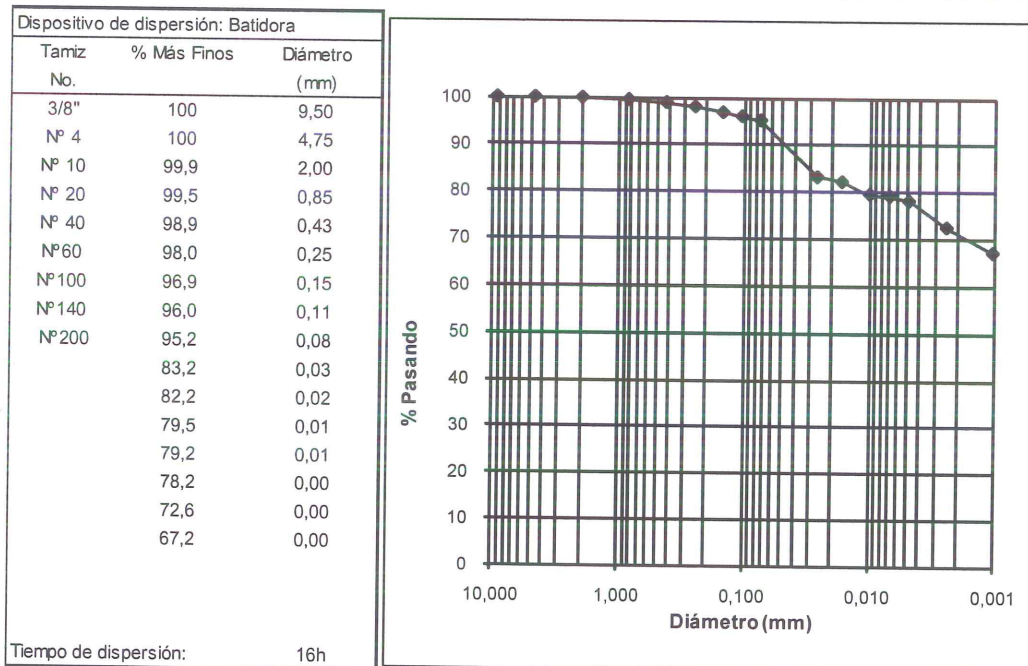
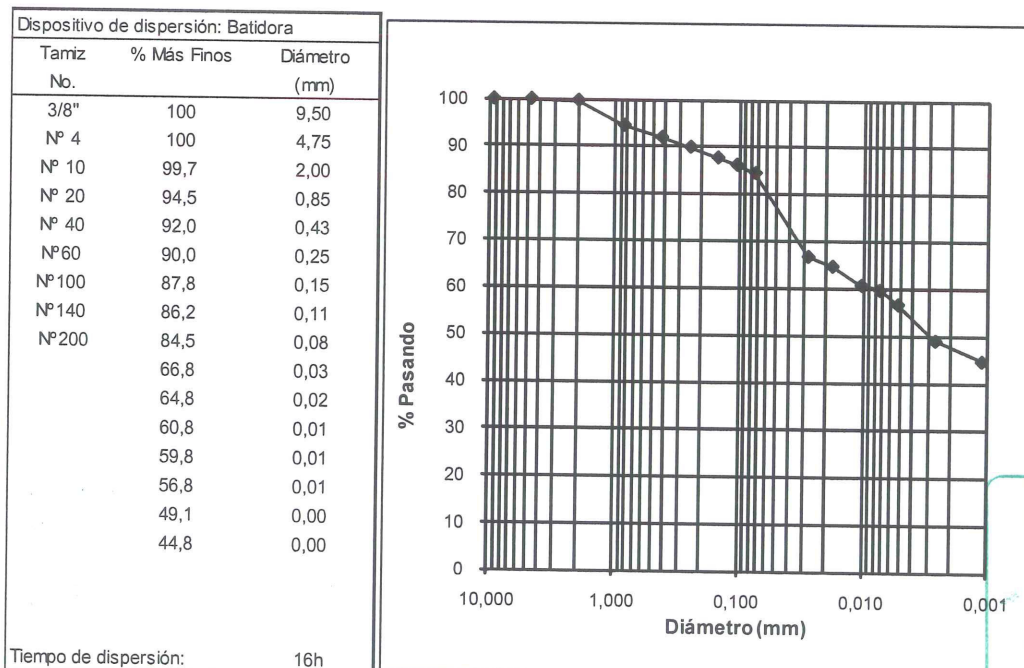


Tabla 16. Análisis granulométrico de suelos vía húmeda: muestra 0464-14.



No. de informe: I-0413-14

Nota:

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

Aclaraciones:

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

Revisó:



Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc
Coordinadora de Laboratorios
de Infraestructura Civil

Aprobó:



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





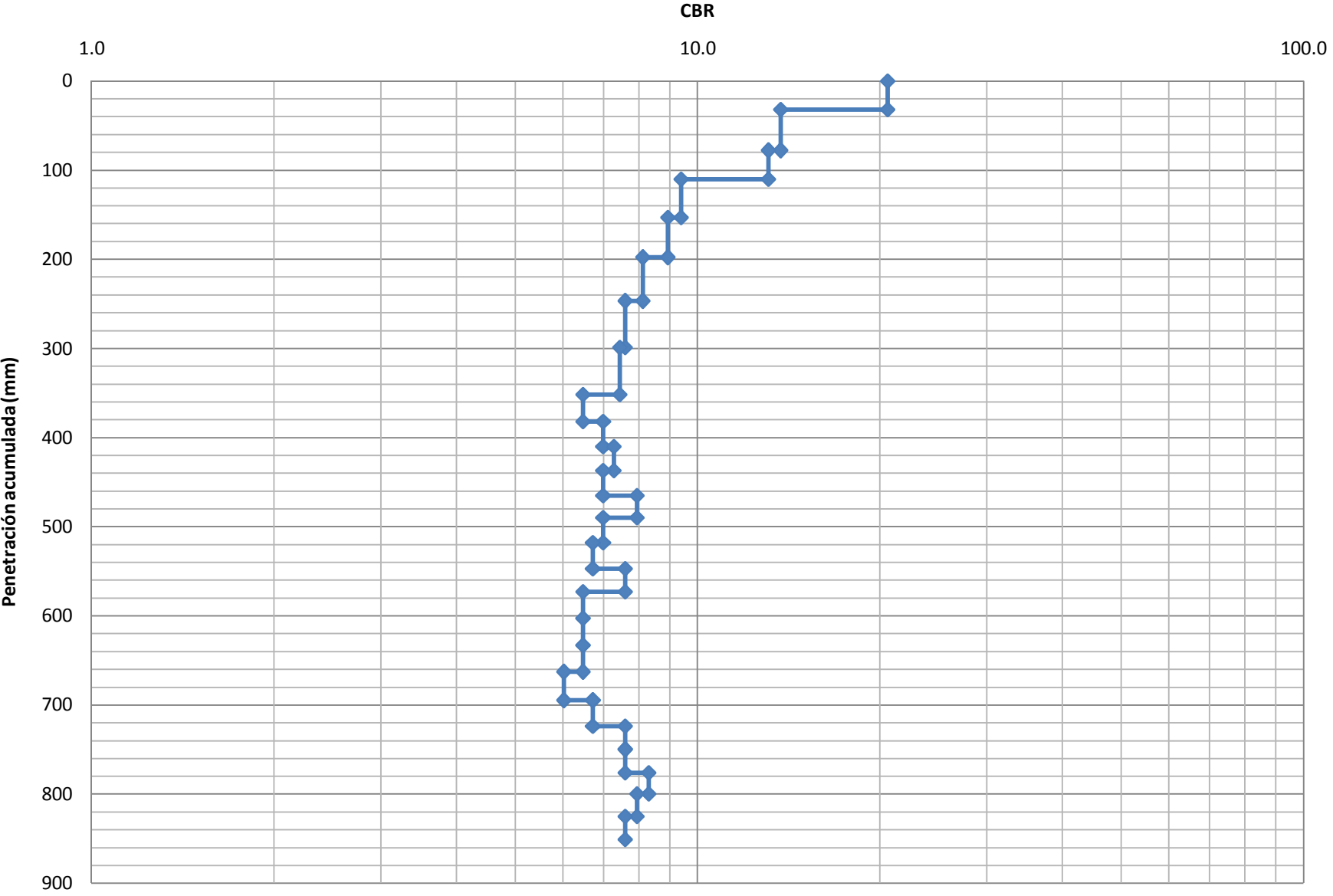
UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



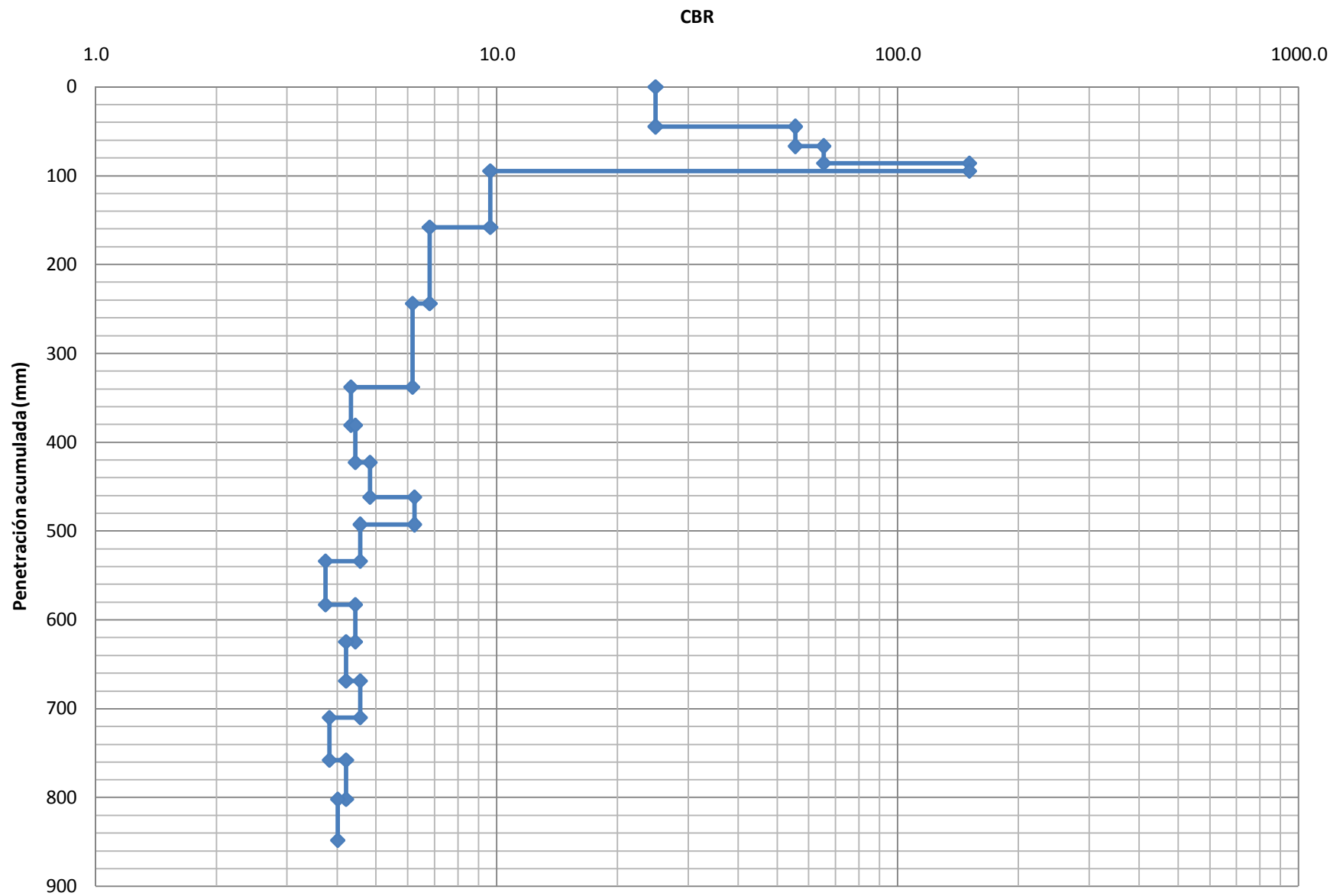
LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 4. Estimación CBR en sitio con ensayos DCP

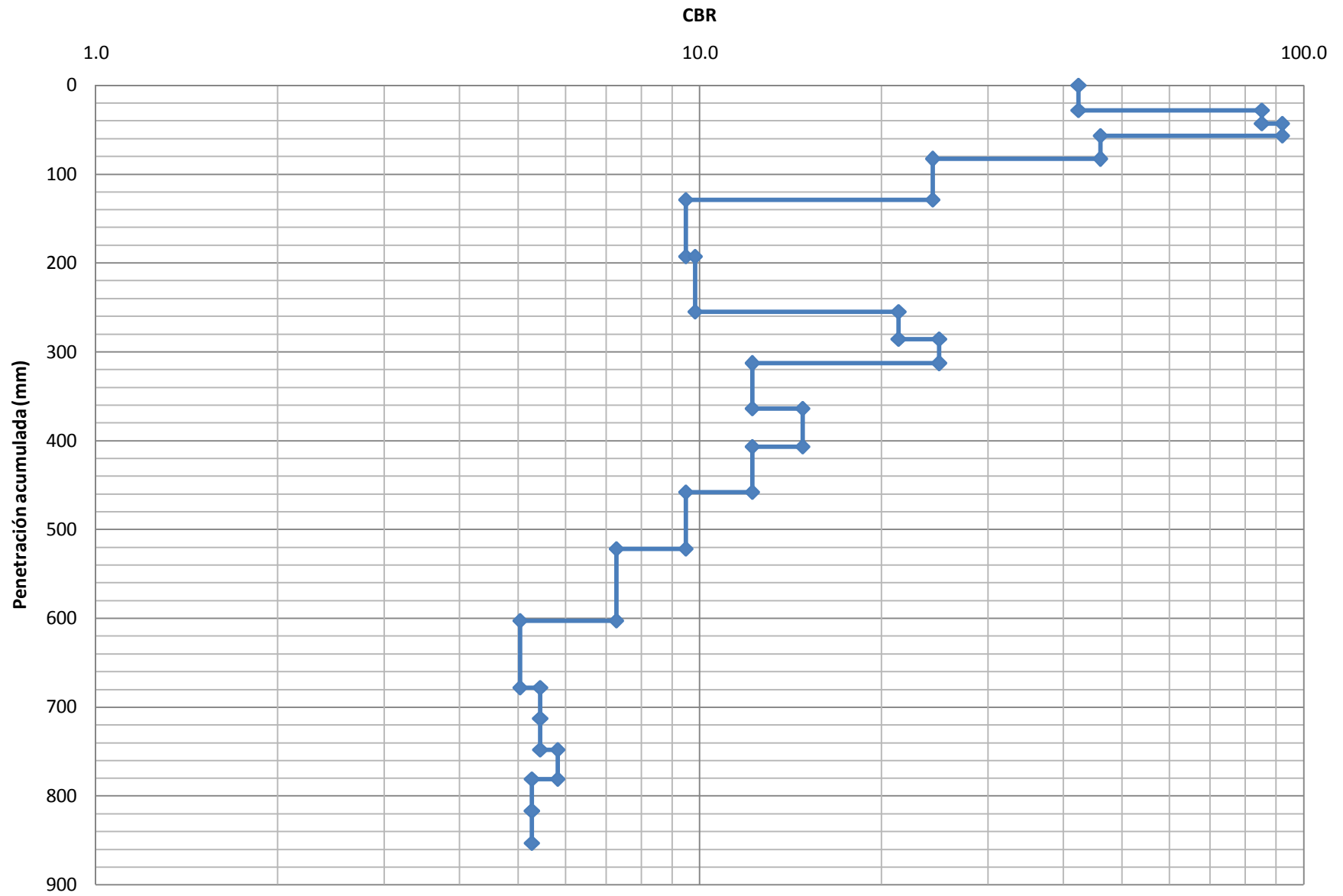
Sondeo 1



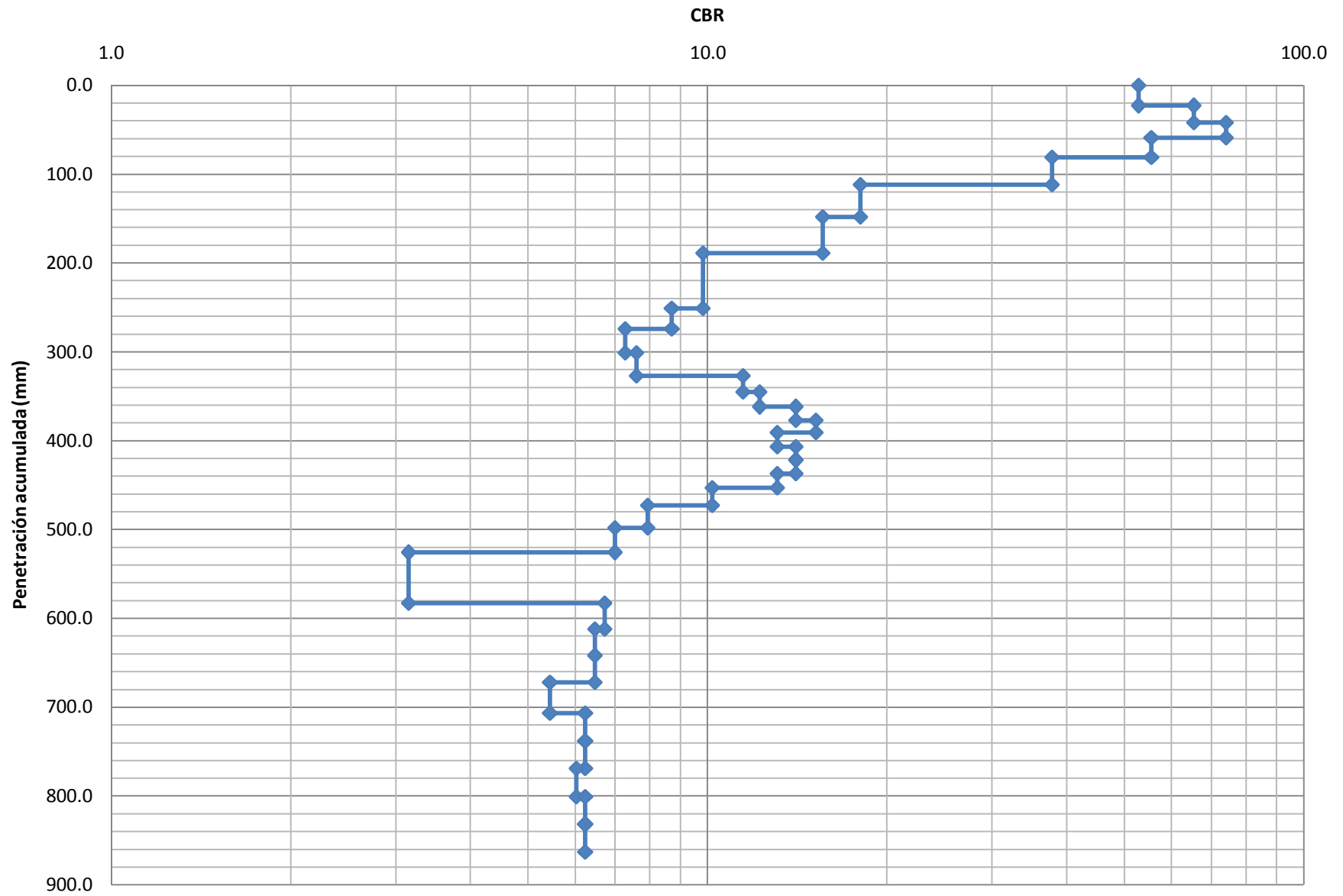
SONDEO 2



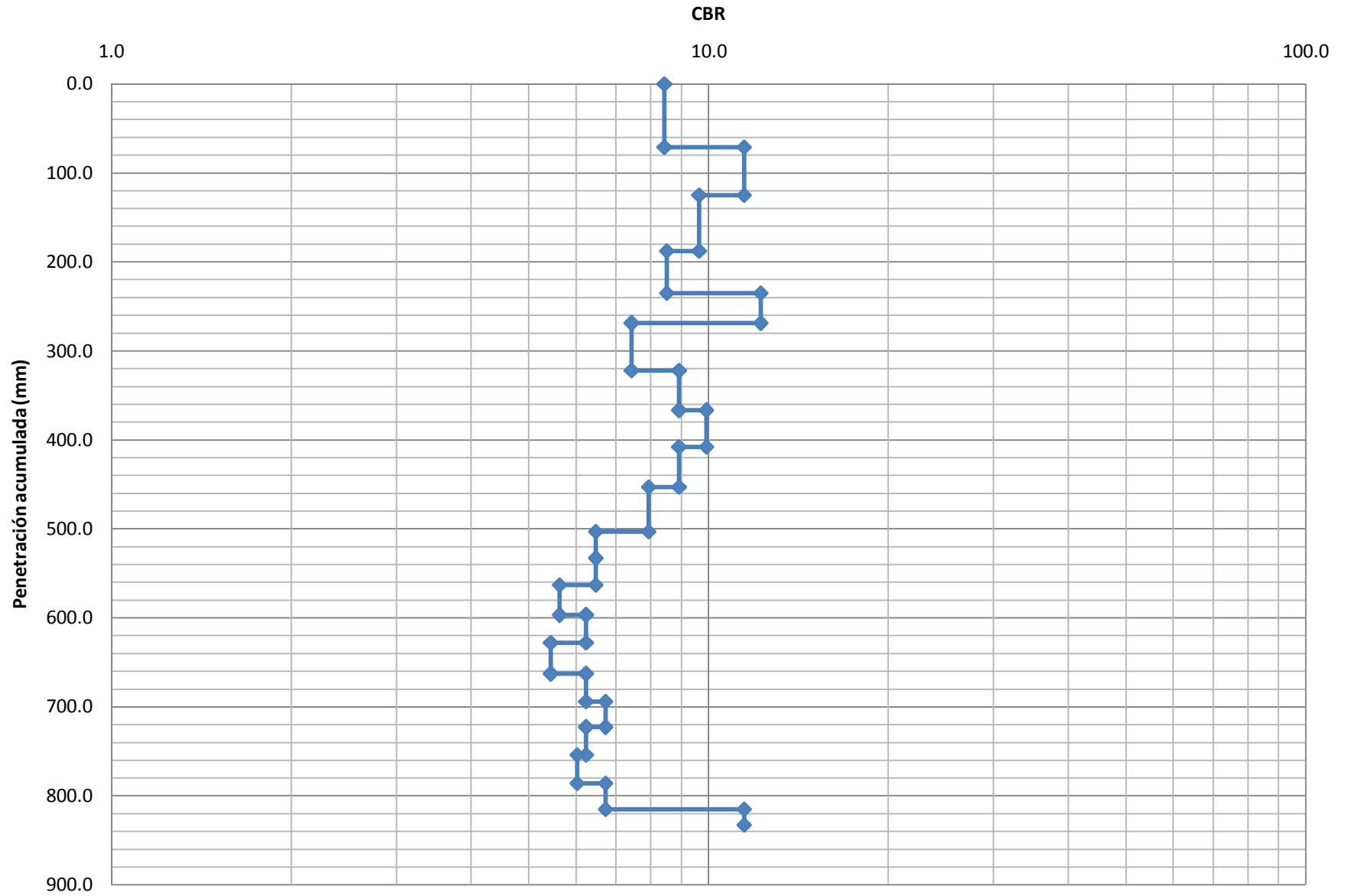
SONDEO 3



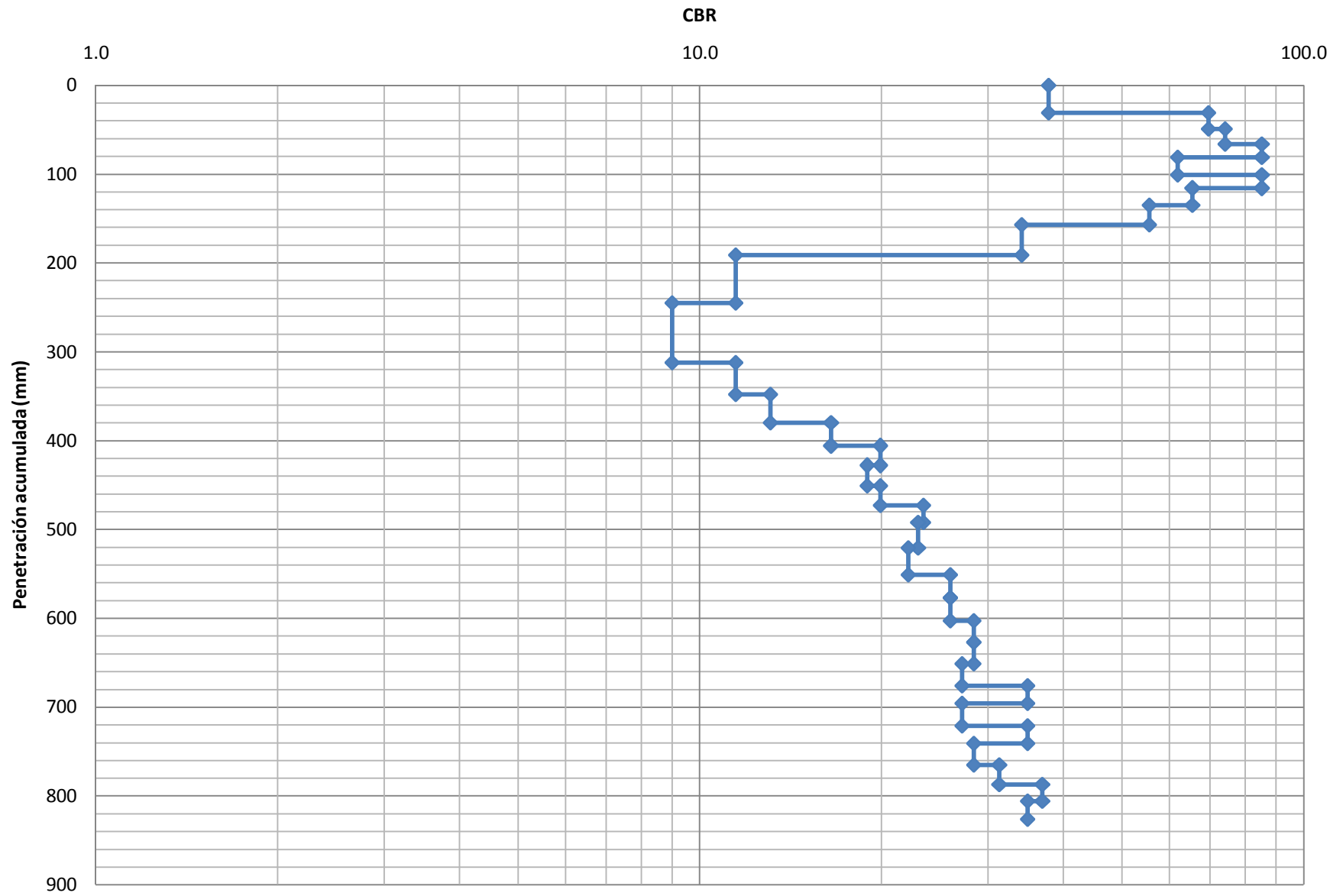
SONDEO 4



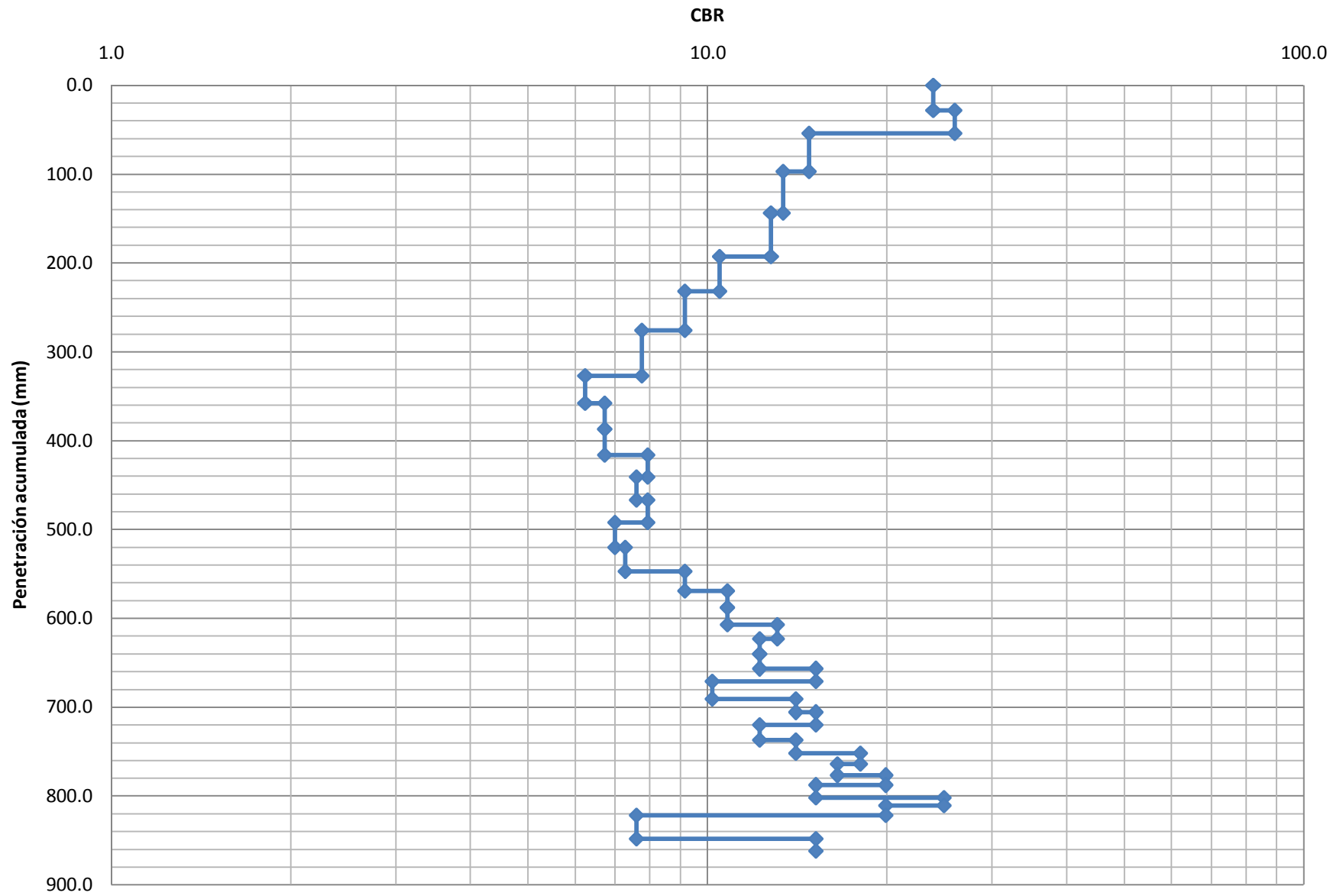
SONDEO 5



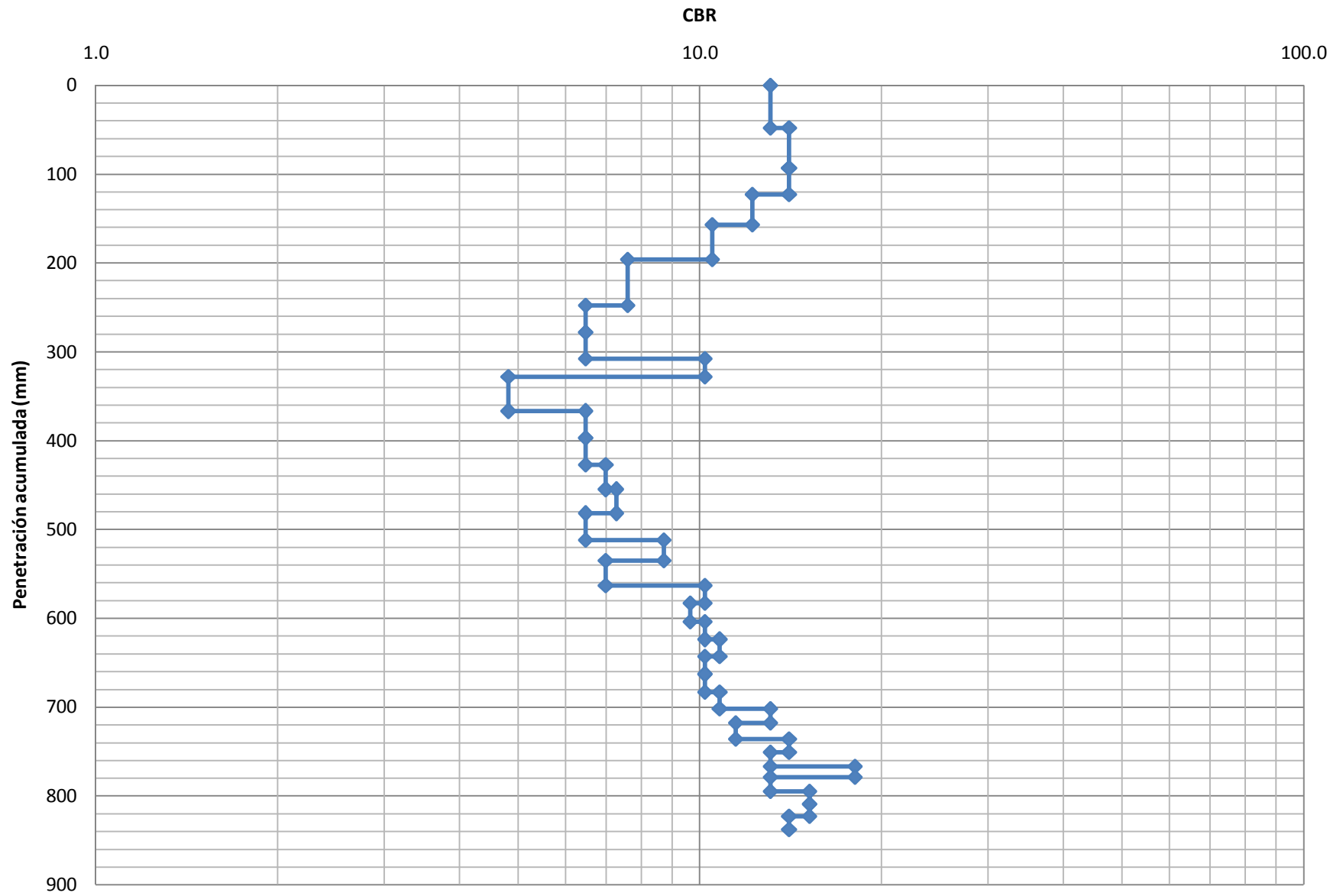
SONDEO 6



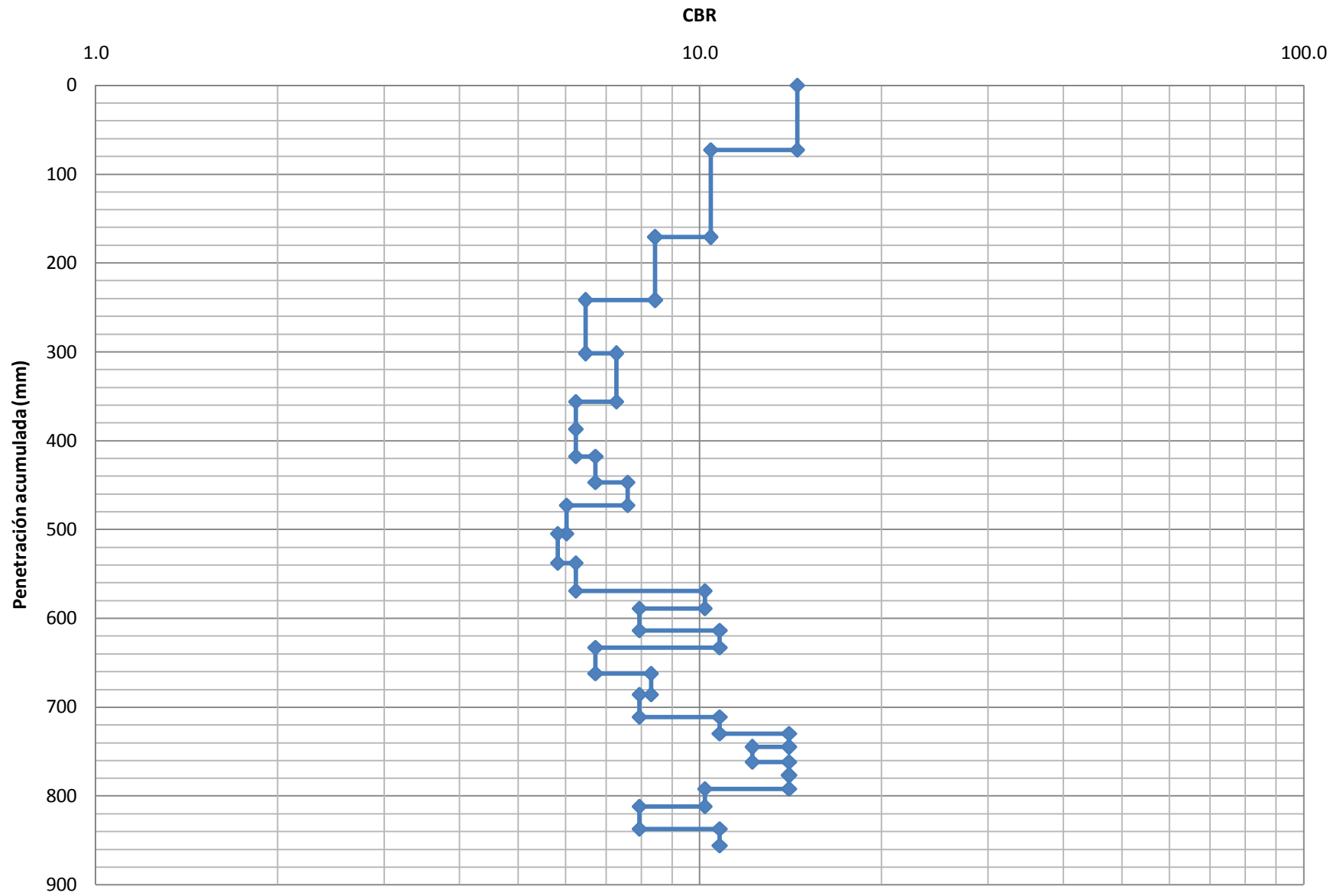
SONDEO 7



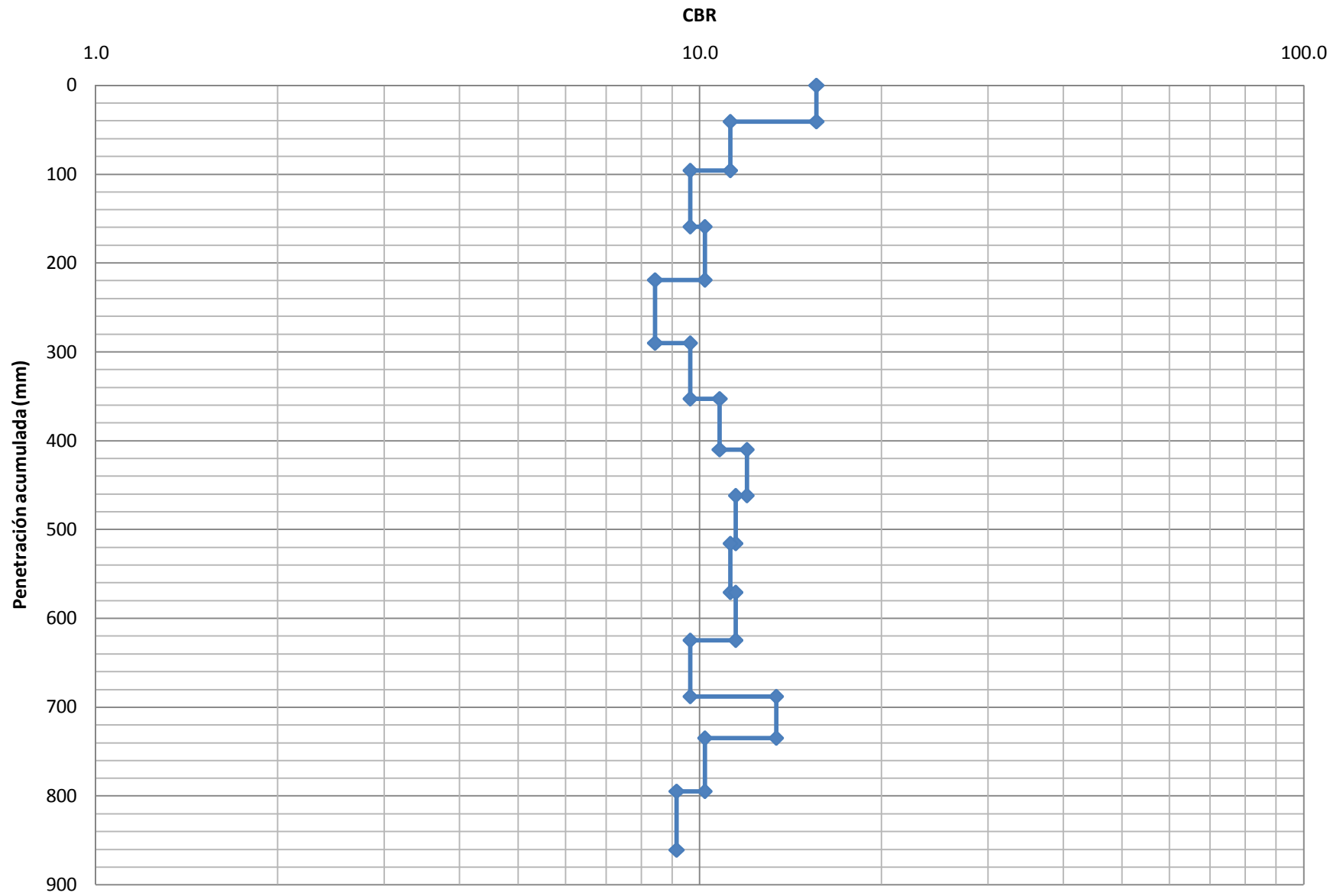
SONDEO 8



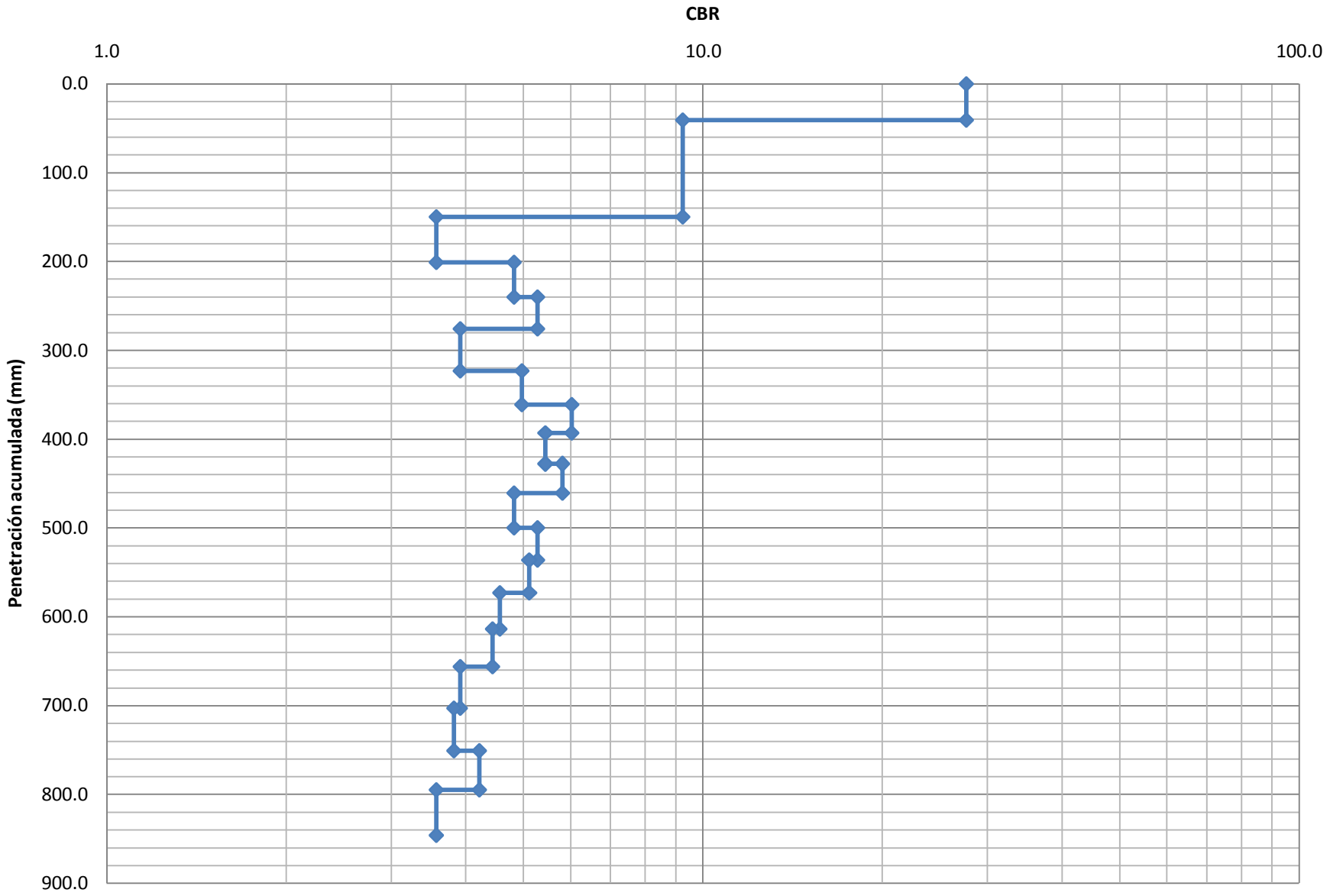
SONDEO 9



SONDEO 10



SONDEO 11





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

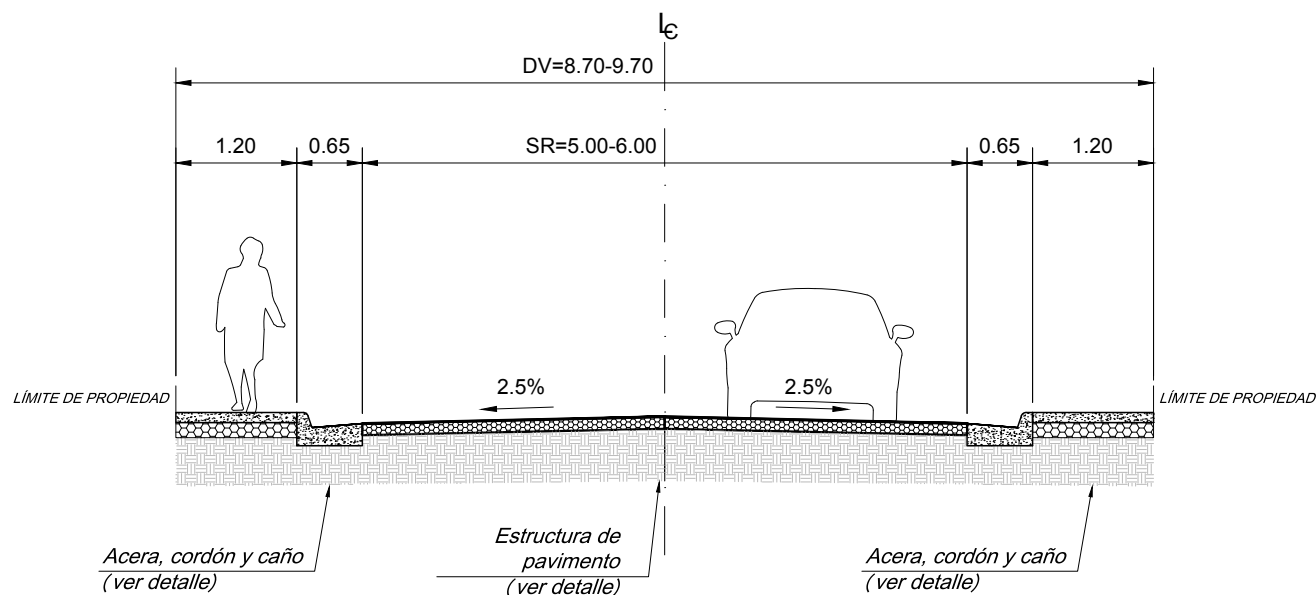


LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 5. Recomendaciones de secciones transversales y estructuras de pavimento

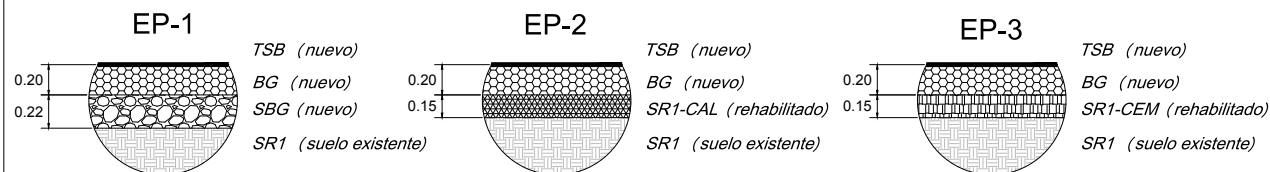
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



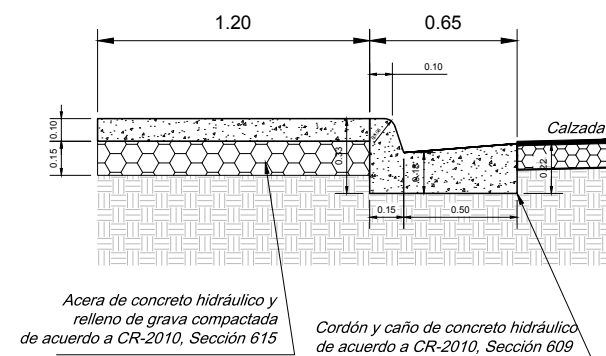
Opciones Estructura de Pavimento

Sin escala



Detalle de acera, cordón y caño

Sin escala



Sección Transversal Típica ST1

Camino C2-13-149 De: Calles Urbanas Cuadrantes A: Colonia Puntarenas

Calles 1, 2, 3, 4 y 5

Distrito: Upala

Cantón: Upala

Provincia: Alajuela



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

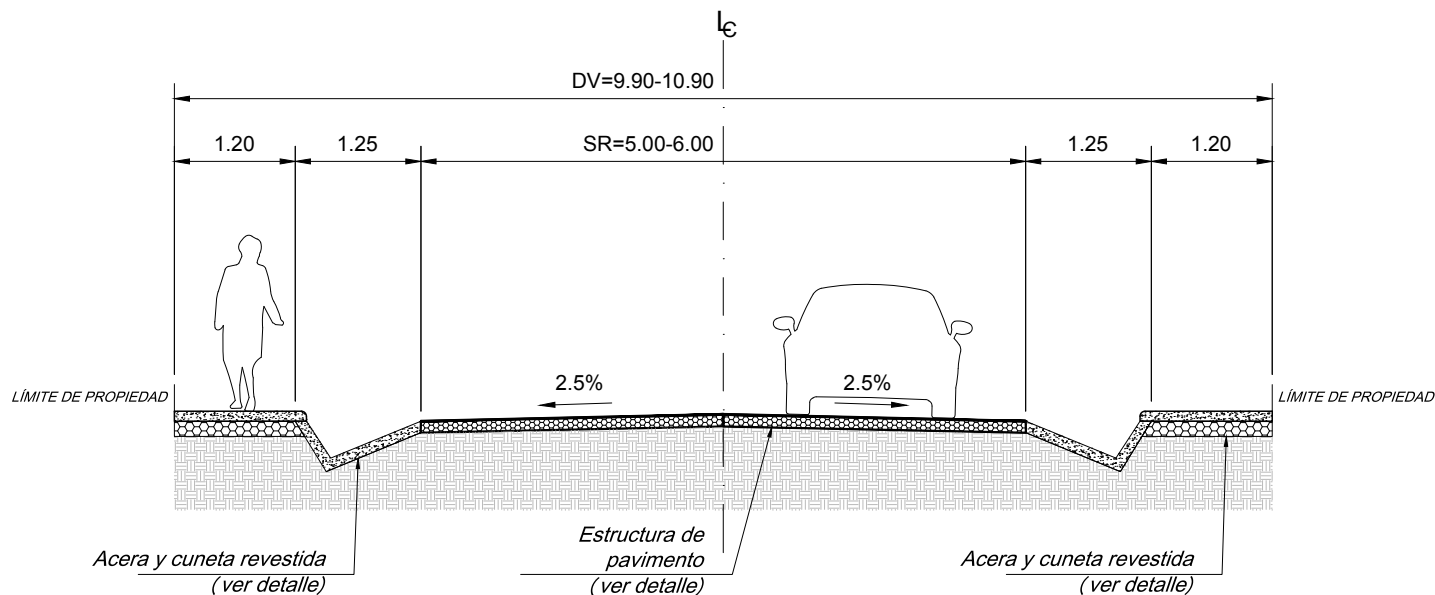
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Octubre 2017

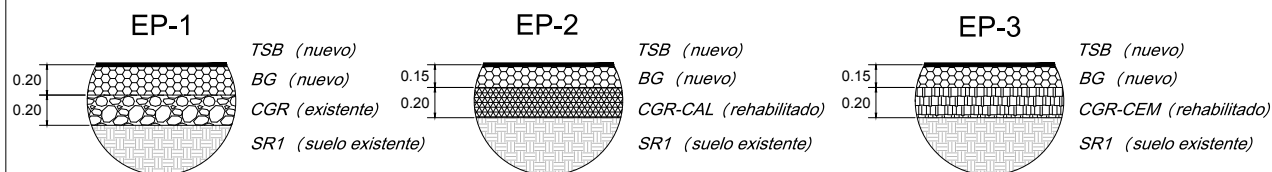
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



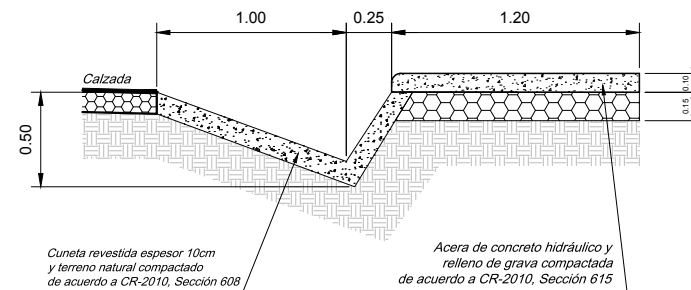
Opciones Estructura de Pavimento

Sin escala



Detalle de acera y cuneta revestida

Sin escala



Sección Transversal Típica ST2

Camino C2-13-149 De: Calles Urbanas Cuadrantes A: Colonia Puntarenas

Calles B y 8

Distrito: Upala

Cantón: Upala

Provincia: Alajuela



Universidad de Costa Rica

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

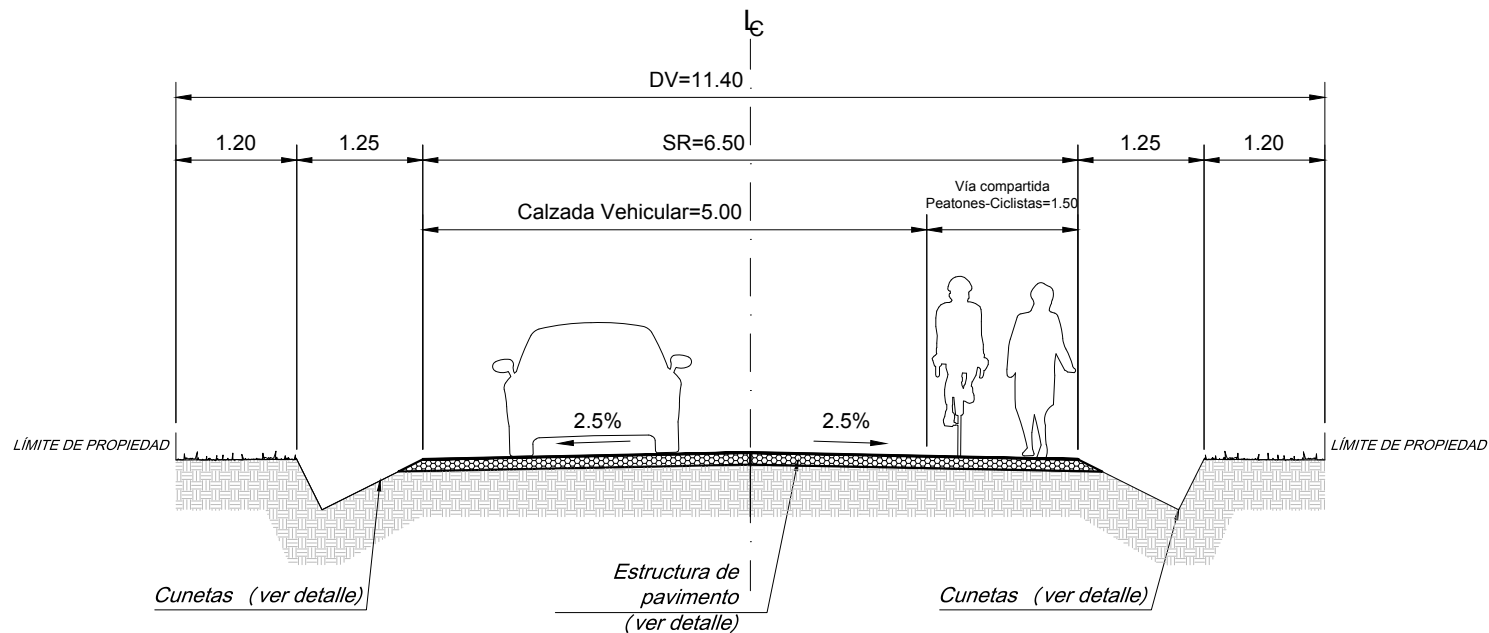
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Octubre 2017

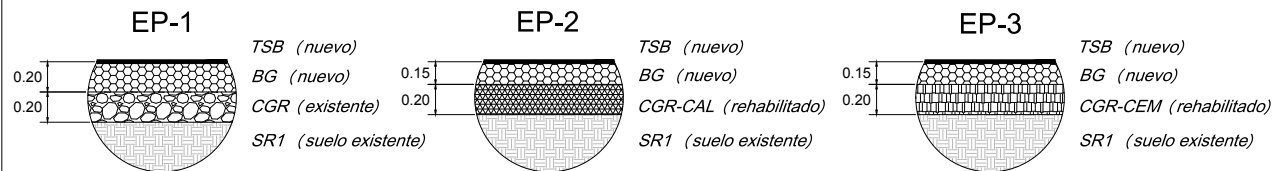
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



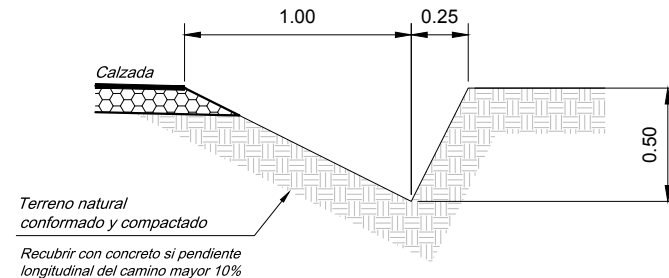
Opciones Estructura de Pavimento

Sin escala



Detalle cuneta en tierra

Sin escala



Sección Transversal Típica ST3

Camino C2-13-135 De: (Ent.N04) Colonia Puntarenas A: (Ent.C.98) Los Tijos

Calle 9

Distrito: Upala

Cantón: Upala

Provincia: Alajuela



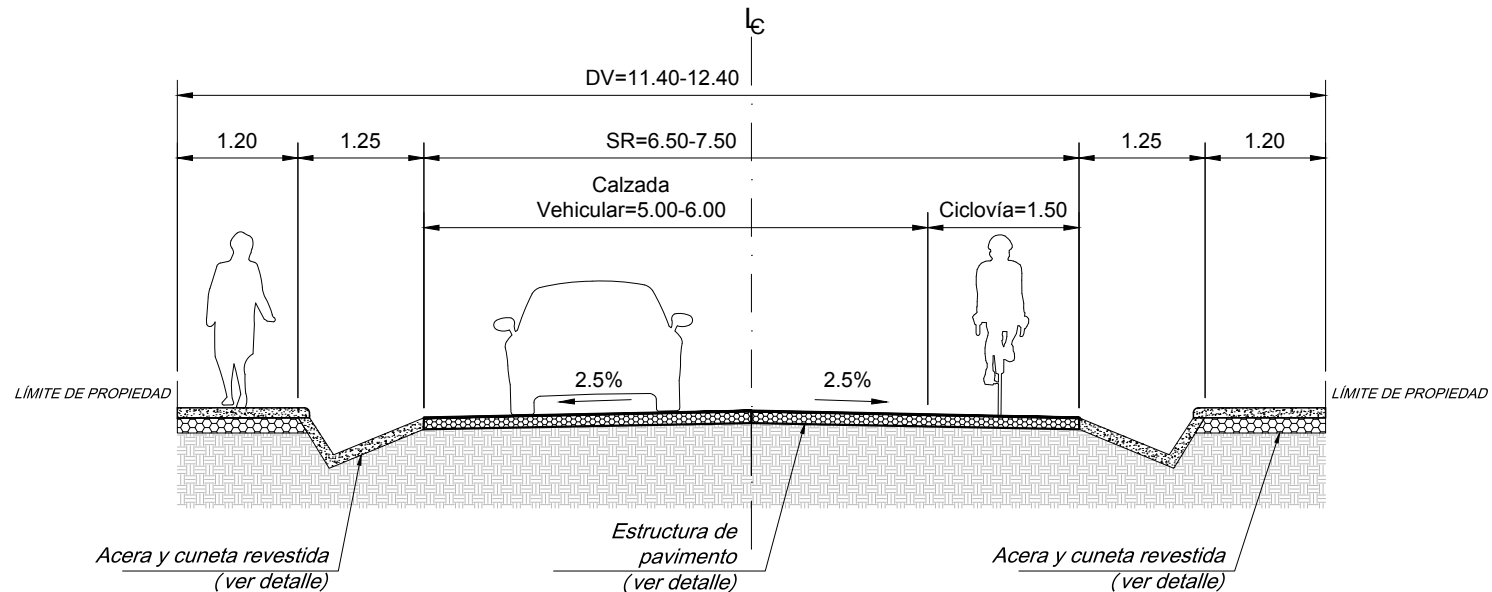
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

Octubre 2017

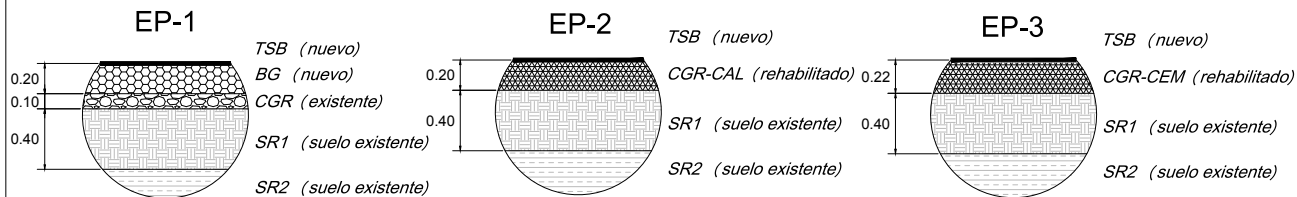
Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75



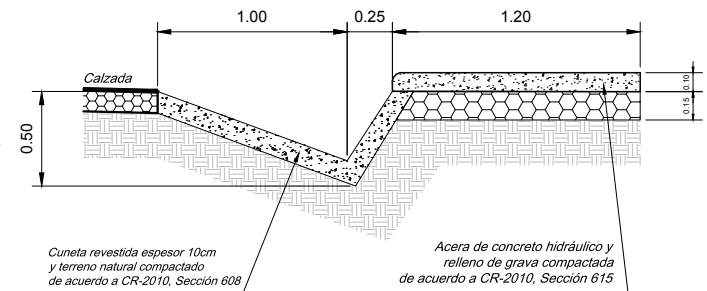
Opciones Estructura de Pavimento

Sin escala



Detalle de acera y cuneta revestida

Sin escala



Sección Transversal Típica ST4

Camino C2-13-149 De: Calles Urbanas Cuadrantes A: Colonia Puntarenas

Calle C

Distrito: Upala

Cantón: Upala

Provincia: Alajuela



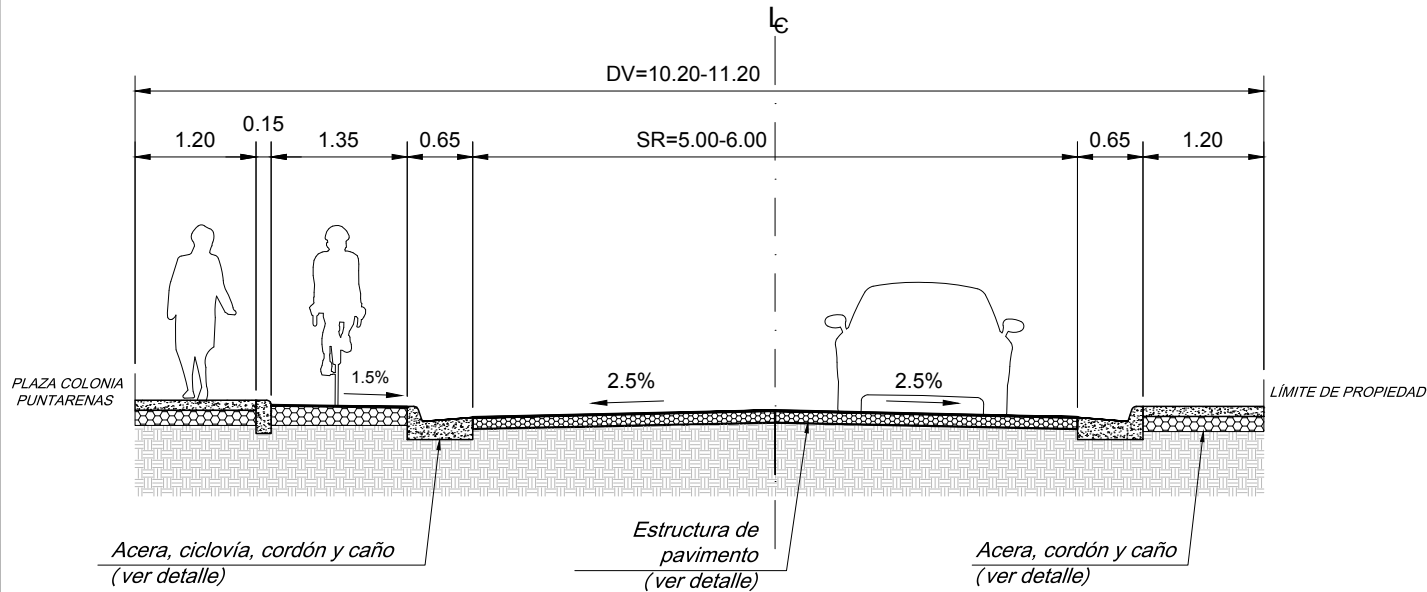
Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)
Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Escala: Indicada

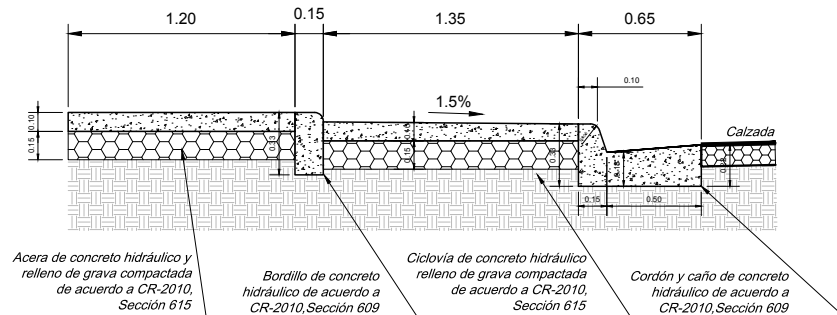
Octubre 2017

Recomendación Sección Transversal Típica

Escala 1:75

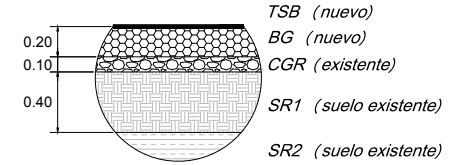


Detalle de acera, ciclovia, cordón y caño
Sin escala

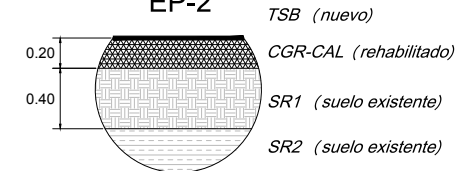


Opciones Estructura de Pavimento

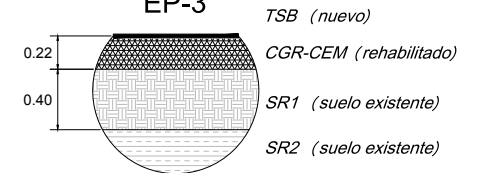
EP-1



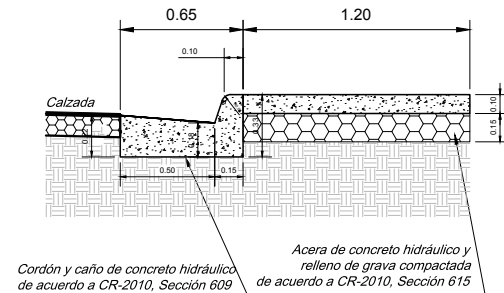
EP-2



EP-3



Detalle de acera, cordón y caño
Sin escala



Sección Transversal Típica ST5

Camino C2-13-149 De: Calles Urbanas Cuadrantes A: Colonia Puntarenas

Calles A, 6 y 7

Distrito: Upala

Cantón: Upala

Provincia: Alajuela



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

Escala: Indicada

Octubre 2017