



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL
CANTONAL EN EL DISTRITO
VARABLANCA DE HEREDIA:

ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL
PATRIMONIO VIAL

LM-PI-GM-INF-09-17

PREPARADO POR
Quesada-Campos, Josué
Xu-Ye, Lilly



programa de infraestructura
del transporte

PITRA

San José, Costa Rica
Noviembre, 2017

UGM

Unidad de
Gestión Municipal

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO VARABLANCA - HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

Quesada-Campos Josué¹, Xu-Ye Lilly²

1. *Ingeniero Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR*
2. *Ingeniera Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR*

Palabras Clave: PITRA, Evaluación, Red vial cantonal, Heredia, Valor patrimonial

Resumen: El presente informe contiene el análisis de aproximadamente 41 km de la red vial del distrito de Vara Blanca, donde se identificaron un total de 14 secciones de análisis que posteriormente fueron analizadas por medio de diferentes ensayos como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, Índice de condición de pavimento (PCI), Rugosímetro, DCP.

Adicionalmente se inspeccionaron siete estructuras de puentes.

Utilizando los conceptos de curva de deterioro y de valor máximo de un elemento vial se ha realizado la estimación del valor patrimonial de estos componentes para esta red vial. Se ha obtenido un valor global del valor patrimonial de ₡1.331.223.351,31

Este diagnóstico constituye en sí una herramienta de gestión vial y planificación de inversiones para ser utilizada por la Municipalidad de Heredia. Las bases de datos y archivos en formato digital son parte de los activos con los que cuenta esta municipalidad para gestionar las intervenciones en esta red.

Referencias

1. Informe LM-PI-UP-05-2015, Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes. Unidad de Puentes, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Noviembre, 2015.
2. Proyecto N° UI-PC-04-08, Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Noviembre, 2008.
3. Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIV), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Agosto, 2008
4. Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. ASTM D-6433-11, Standard practices for roads and parking lots Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Pennsylvania, USA
6. Lidon, M. (2014). Modelos de deterioro de infraestructura de transporte: Puentes y pavimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España
7. López Ramírez, Sharline. Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica – San José, Costa Rica. Febrero, 2009.

EVALUATION OF THE CANTONAL ROAD NETWORK OF DISTRICT VARABLANCA - HEREDIA: ROAD ASSETS VALUE ESTIMATION

Quesada-Campos Josué¹, Xu-Ye Lilly²

1. *Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR*
2. *Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR*

Keywords: PITRA, Evaluation, Management, Cantonal road network, Heredia, Road Assets

Abstract: This report includes a diagnosis of approximately 41km of the cantonal road network in district Varablanca of Heredia Town, 14 analysis sections were identified and studied by field essays: Deflectometry, IRI (International regularity index), vehicular counts, Pavement Condition Index (PCI), Rugosimeter, DCP. Furthermore 7 vehicular bridges were inspected.

Using deterioration curves and maximum value of a road asset concepts an estimation of the road assets value in this network was calculated, to a global value of ₡1.331223.351,31.

This diagnosis it's in-self a management and planning tool for future investments by Heredia's Municipality. Database and digital files are assets for this municipality to manage any improvement and maintenance work in this network.

References

1. Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
2. Badilla V., G. (2009). "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)" Infraestructura Vial, N°21. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
3. López-Ramírez, Sharline. (2009). Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Barrantes-Jimenez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIV). San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. Barrantes-Jimenez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). Proyecto N° UI-PC-04-08 Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR

Quesada-Campos, J., & Xu-Ye, L. (2017). *Diagnóstico de la Red Vial Cantonal en el Distrito Varablanca de Heredia: Estimación del valor del patrimonio vial*. 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)

Proyecto: LM-PI-GM-INF-09-17

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO VARA BLANCA DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal
LanammeUCR

San José, Costa Rica
Noviembre, 2017



1. Informe LM-PI-GM-INF-09-17		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO VARA BLANCA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL		4. Fecha del Informe: Noviembre, 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 <i>El presente informe contiene el análisis de aproximadamente 41 km de la red vial del distrito de Vara Blanca, donde se identificaron un total de 14 secciones de análisis que posteriormente fueron analizadas por medio de diferentes ensayos como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, Índice de condición de pavimento (PCI), Rugosímetro, DCP. Adicionalmente se inspeccionaron siete estructuras de puentes. Utilizando los conceptos de curva de deterioro y de valor máximo de un elemento vial se ha realizado la estimación del valor patrimonial de estos componentes para esta red vial. Se ha obtenido un valor global del valor patrimonial de ₡1.331.223.351,31. Este diagnóstico constituye en sí una herramienta de gestión vial y planificación de inversiones para ser utilizada por la Municipalidad de Heredia. Las bases de datos y archivos en formato digital son parte de los activos con los que cuenta esta municipalidad para gestionar las intervenciones en esta red.</i>		
10. Palabras clave PITRA, Evaluación, Red vial cantonal, Heredia, Valor Patrimonial	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 66
13. Preparado por: Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng. Unidad de Gestión Municipal Fecha: 5 / 12 / 17		15. Colaboradores Ing. Christian Valverde C. Unidad Evaluación Red Vial Nacional
16. Revisado por: Ing. Lilly Xu Ye Unidad de Gestión Municipal Fecha: 5 / 12 / 17		17. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD. Coordinador General PITRA Fecha: 5 / 12 / 17



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVO	6
3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL	6
3.1	IMPORTANCIA.....	6
3.2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS (SAP)	7
3.3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL MUNICIPAL	10
4	ESQUEMA METODOLÓGICO	11
5	DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DEL DISTRITO DE VARA BLANCA ...	13
5.1	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)	15
5.2	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA RED VIAL.....	18
5.3	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN VÍAS ASFALTADAS.....	20
5.4	CONDICIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA EN VÍAS ASFALTADAS.....	24
5.5	TRAMOS HOMOGÉNEOS PROPUESTOS	28
5.6	CONDICIÓN SUPERFICIAL A PARTIR DEL RUGOSÍMETRO III DE LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS	30
5.7	CAPACIDAD SOPORTANTE DE LA SUBRASANTE A PARTIR DEL DCP DE LAS VÍAS DE LASTRE	34
5.8	EVALUACIÓN DE PUENTES.....	37
6	ESTIMACIÓN DE COSTOS	40
6.1	COSTO DE MATERIALES PARA CAMINOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO	40
6.2	COSTO DE PUENTES VEHICULARES.....	42
7	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO	43
8	CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES	45
9	ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL	47
10	CONCLUSIONES	50
11	REFERENCIAS	52
12	ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	21
CUADRO 2. ESCALA DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL PARA CAMINOS NO PAVIMENTADOS MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO III.....	31
CUADRO 3. CLASIFICACIÓN DEL CBR.	35
CUADRO 4. RESUMEN DE RESULTADOS DE CBR EMPLEANDO EL DCP.	35
CUADRO 5. CATEGORÍAS Y DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES PARA EVALUACIÓN DE PUENTES VEHICULARES.....	37
CUADRO 6. RESUMEN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN EN PUENTES.....	39
CUADRO 7. COSTOS DE LOS MATERIALES CALCULADOS	42
CUADRO 8. CÁLCULO DEL COSTO POR METRO CUADRADO DE PUENTE VEHICULAR TÍPICO.....	43
CUADRO 9. VARIABLES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	43
CUADRO 10. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PAVIMENTO	48
CUADRO 11. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PUENTES	49
CUADRO 12. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL TOTAL	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	8
FIGURA 2. ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.....	10
FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO UTILIZADO.....	12
FIGURA 4. TIPO DE VÍA DE LA RED VIAL CANTONAL DE VARA BLANCA.....	14
FIGURA 5. CONTADORES AUTOMÁTICOS EN RED VIAL DEL DISTRITO DE VARA BLANCA	16
FIGURA 6. UBICACIÓN DE LOS CONTEOS Y RESULTADOS DE TPD EN EL DISTRITO DE VARA BLANCA	17
FIGURA 7. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN EL DISTRITO DE VARA BLANCA SEGÚN LA MUNICIPALIDAD	19
FIGURA 8. REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL	20
FIGURA 9. PERFILÓMETRO INERCIAL LÁSER	21
FIGURA 10. RESULTADOS DEL IRI PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO DE VARA BLANCA	22
FIGURA 11. RESULTADOS DEL IRI PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO DE VARA BLANCA	23
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN EL IRI.....	24

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 4 de 65
----------------------------	-----------------------------------	----------------



FIGURA 13. EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO..... 25

FIGURA 14. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR . 25

FIGURA 15. RESULTADOS DEL FWD PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN VARA BLANCA
..... 26

FIGURA 16. RESULTADOS DEL FWD PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN DE
VARA BLANCA 27

FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN FWD 28

FIGURA 18. TRAMOS HOMOGÉNEOS PROPUESTOS 29

FIGURA 19. COMPONENTES DEL RUGOSÍMETRO III 30

FIGURA 20. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE IRI REALIZADAS CON EL RUGOSÍMETRO
III 32

FIGURA 21. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE IRI PROMEDIO REALIZADAS CON EL
RUGOSÍMETRO III 33

FIGURA 22. CLASIFICACIÓN DEL CBR SEGÚN BOWLES, EN EL DISTRITO DE VARA BLANCA . 36

FIGURA 23. UBICACIÓN DE PUENTES INSPECCIONADOS 38

FIGURA 24. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS PRIMARIAS..... 44

FIGURA 25. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS TERCARIAS..... 45

FIGURA 26. CURVA DE DETERIORO PARA PAVIMENTOS (VIDA ÚTIL 20 AÑOS)..... 46

FIGURA 27. CURVA DE DETERIORO PARA PUENTES (VIDA ÚTIL 50 AÑOS) 47

FIGURA 28. COMPOSICIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL ESTIMADO EN EL DISTRITO DE VARA
BLANCA 49

1 INTRODUCCIÓN

Mediante el oficio **PRMH-0711-2016** de fecha 9 de noviembre de 2016, la Municipalidad de Heredia, al amparo de lo dispuesto en el artículo 130 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa, cusó invitación para que, a través de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (FundaciónUCR), de acuerdo con los Lineamientos de Vinculación Externa de la Universidad de Costa Rica, se presente oferta para participar en la contratación directa N° 2016CD-000395-01, para que a través del LanammeUCR se ejecute el diagnóstico de la infraestructura vial de los distritos Ulloa, Heredia Centro y Vara Blanca del cantón central de la provincia de Heredia con la finalidad de conocer su condición actual y lograr estimar el valor del patrimonio vial existente en dichos distritos, de ahí que, por medio de este informe se presentan los resultados obtenidos en el distrito Vara Blanca.

2 OBJETIVO

Realizar una evaluación de la RVC del distrito Vara Blanca, para obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial de la red que permitan establecer una estimación del valor al patrimonio vial actual. El diagnóstico también es insumo para definir los objetivos y metas institucionales.

3 PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL

3.1 Importancia

La infraestructura vial está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barreras de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe ser capaz de permitir un servicio de transporte con un nivel adecuado, eficiente y eficaz para sus usuarios.

Un sistema de administración de infraestructura vial contempla la administración adecuada de los recursos económicos y humanos disponibles, de manera que estos sean optimizados

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 6 de 65
----------------------------	-----------------------------------	----------------



para conservar y rehabilitar cada uno de sus componentes, procurando que funcionen como un conjunto armónico en función del usuario, lo cual propicia el desarrollo económico y social de la región en la que se encuentra.

La conservación de las vías se enfoca en dos objetivos fundamentales. El primero de ellos se relaciona con el servicio que se le brinda a los usuarios de la red, brindando una circulación confortable, segura y fluida, disminuyendo con esto los costos de transporte, así como los tiempos de viaje. El segundo objetivo es conservar y mejorar la calidad del patrimonio vial que forma parte de los activos públicos del Estado.

La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de Heredia proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

3.2 Sistema de administración de pavimentos (SAP)

Parte fundamental de un sistema de administración de infraestructura son los pavimentos, pues es sobre su capa de rodadura donde diversos medios de transporte se desplazan. A los pavimentos se les asocia la mayor parte de los costos de usuario y es uno de los elementos de la infraestructura que más recursos económicos y financieros demandan para su construcción, así como para su mantenimiento o rehabilitación. De manera general, los pavimentos y carreteras deben ofrecer comodidad de viaje a los usuarios, economía en operación de los vehículos y seguridad ante accidentes, para lo cual la municipalidad debe establecer planes y desarrollar proyectos de conservación y mejoramiento de sus vías de forma preventiva y garantizando un nivel de servicio adecuado de forma continúa.

A través de la aplicación del SAP se disminuye la incertidumbre de la inversión, dado que las decisiones se basan en estudios técnicos que permiten guiar de una mejor manera las inversiones, con el fin de dar un mejor aprovechamiento y rentabilidad de los recursos disponibles.

Un sistema de gestión de pavimentos presenta una estructura general que se compone por cinco etapas bien definidas: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, las cuales son descritas en la Figura 1.

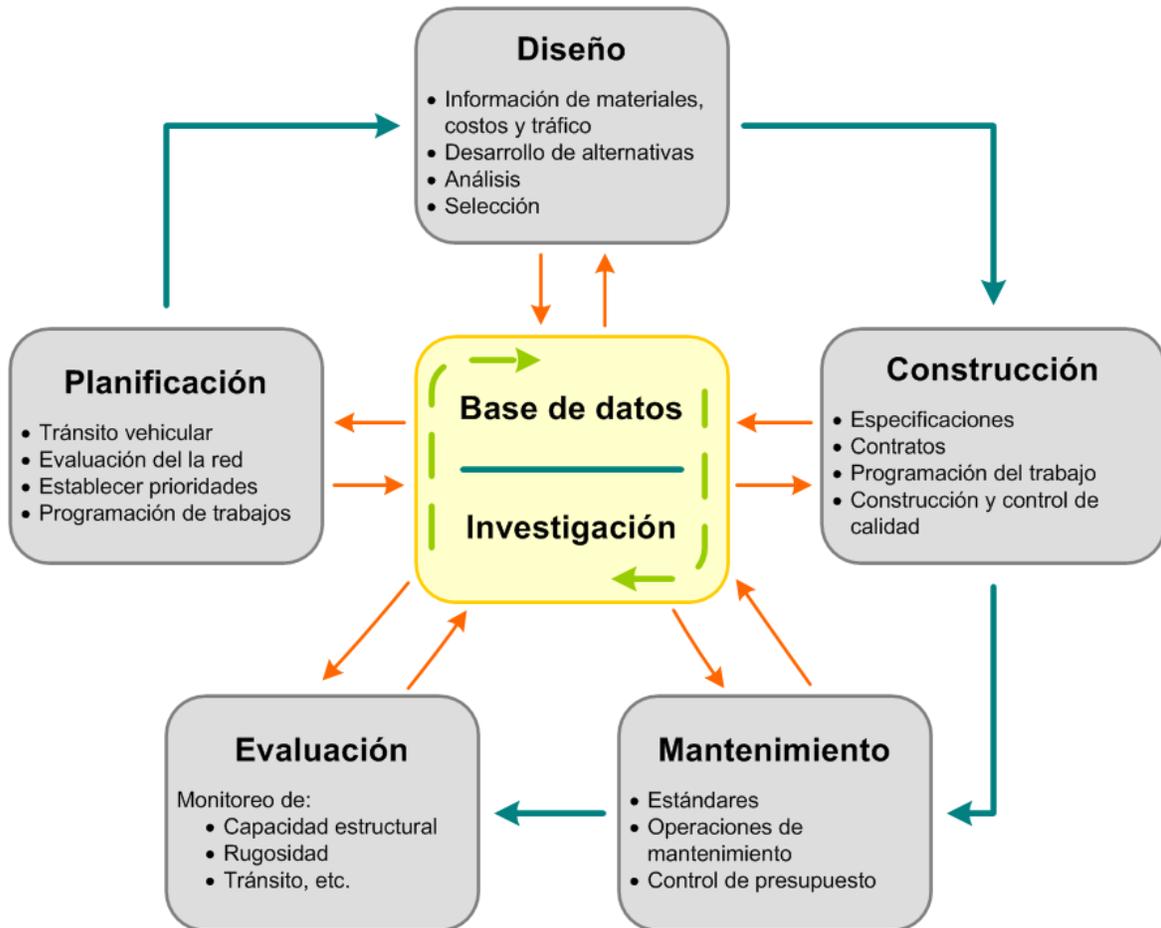


Figura 1. Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos

Fuente: Tomado y modificado de Haas, 1993

La gestión de pavimentos debe ser utilizable por el organismo a cargo de la conservación de caminos y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales.

Asimismo, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto los



diversos costos involucrados. Para aplicar de manera eficaz un sistema de gestión es necesario que el mismo cuente con ciertos requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información de manera sencilla.
- Capacidad de considerar estrategias alternas dentro de la evaluación.
- Capacidad de identificar la estrategia o alternativa óptima.
- Capacidad de basar sus decisiones en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Capacidad de utilizar la información para la retroalimentación del sistema y llevar un control del cambio en las condiciones de la red.

Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: frecuencia (cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo determinado) y peso de los vehículos que los transitan, solicitaciones de medio ambiente, materiales usados y formas de construcción, mantenimiento, entre otros. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y manutención con el fin de poder hacer una apropiada gestión de pavimentos.

El crecimiento de la población, el aumento de la cantidad de vehículos y el incremento de actividad económica generan mayores cantidades de vehículos y camiones viajando por las carreteras, lo cual impone mayores pesos y cargas sobre las estructuras de pavimentos, por lo que la generación y aplicación del SAP se torna cada vez más importante. Cabe destacar que el SAP no debe limitarse solamente a la conservación vial, sino que hay que definir proyectos de mejoramiento, refuerzo, rehabilitación, reconstrucción, ampliación de carreteras y nuevos proyectos carreteros.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con un elemento fundamental y de gran importancia, en este caso en particular: el pavimento, pero en forma progresiva deben aplicarse herramientas que permitan gestionar la conservación e incorporar los demás elementos (alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

3.3 Proceso de Gestión de Infraestructura Vial Municipal

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar de manera adecuada los productos asociados a cada una de ellas, la Figura 2 muestra el flujograma para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal.

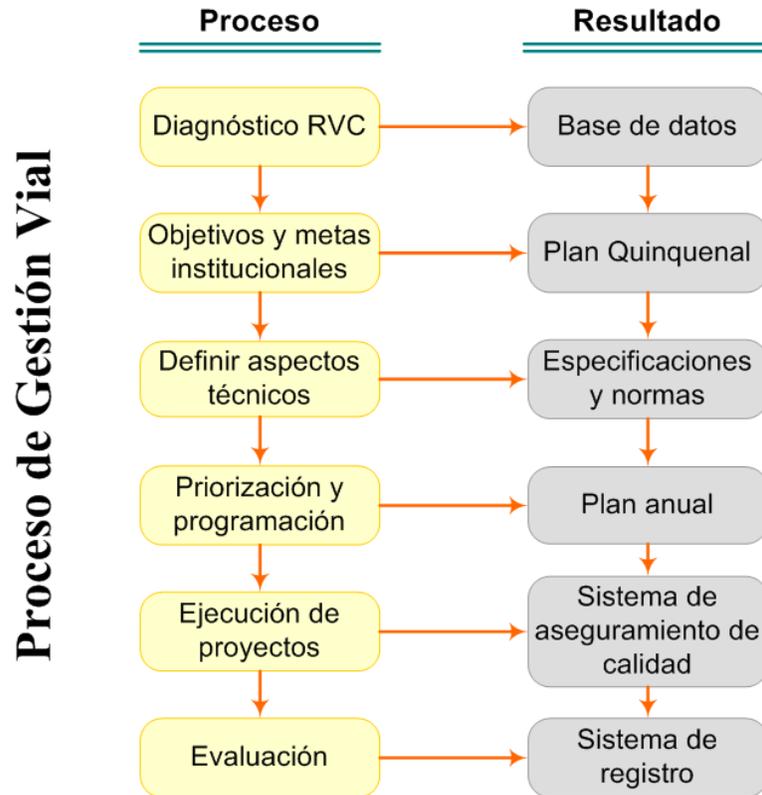


Figura 2. Esquema de proceso de gestión vial

Fuente: LanammeUCR, 2008

Cuando se elabora el diagnóstico de la red vial cantonal (RVC), el producto principal es la base de datos ya que permite determinar el estado actual de la red, insumo necesario para establecer políticas de priorización y planes de conservación y rehabilitación de las vías del cantón.

En los sistemas de gestión de infraestructura vial, también conocidos como sistemas de administración de pavimentos, funcionan distintos niveles dependiendo del detalle:



- Nivel estratégico: planes globales a realizarse a largo plazo (20 años). Permiten maximizar los recursos.
- Nivel táctico: planes que priorizan los proyectos por realizar a mediano plazo (4 ó 5 años).
- Nivel operativo: se enfoca en el diseño de los proyectos por ejecutar en el año siguiente.

La infraestructura vial está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barreras de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe ser capaz de permitir un servicio de transporte con un nivel de serviciabilidad adecuado.

La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de Heredia proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

4 ESQUEMA METODOLÓGICO

Para cumplir con el objetivo del informe se estableció un procedimiento metodológico que abarca la ejecución de ensayos de campo, inventario de componentes de infraestructura e inspección de puentes. En una segunda etapa la información recolectada fue procesada utilizando diversos paquetes de cómputo especializados en el análisis de información, misma que forma parte de este informe por medio de bases de datos georeferenciados y en formato de hojas de cálculo.

En la Figura 3, se presenta el esquema metodológico implementado para determinar el diagnóstico de la RVC y obtener la información necesaria para la estimación del valor del patrimonio vial en este distrito.

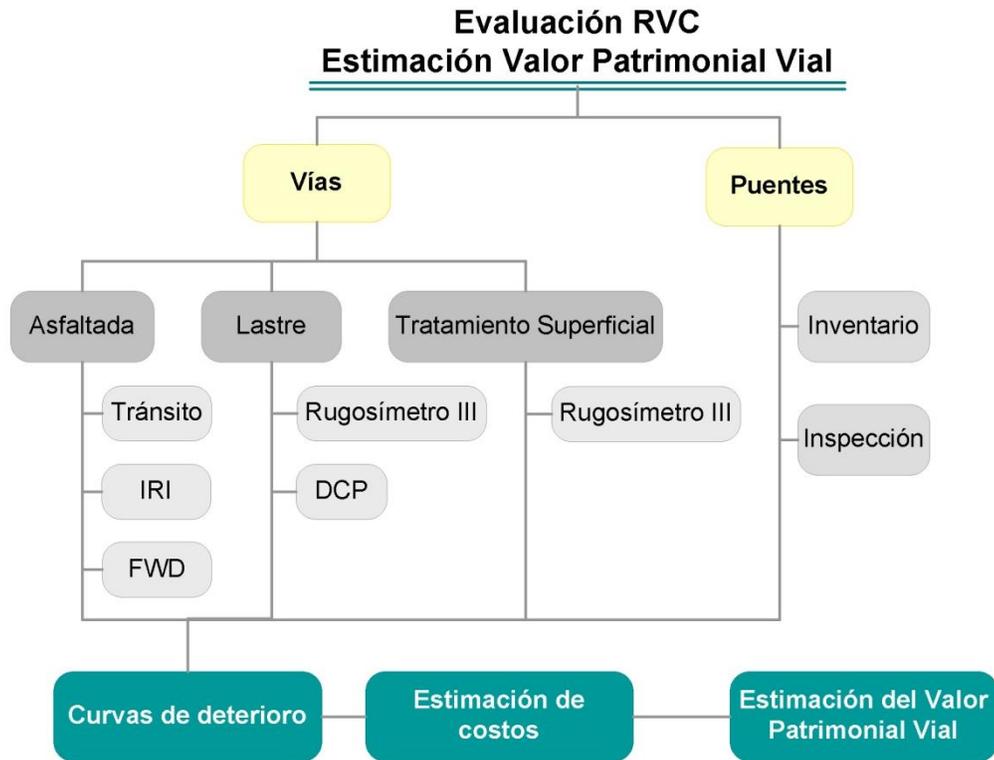


Figura 3. Esquema metodológico utilizado

En resumen, a partir de la información obtenida del diagnóstico tanto en vías como en puentes se tendrá el valor de condición actual. Luego se generarán las curvas de deterioro teóricas y se estimarán los costos constructivos asociados a las estructuras de pavimento ideales y puentes nuevos. Finalmente, se hace una comparación entre ese valor máximo posible y se compara con lo existente, de esta manera es posible estimar el valor patrimonial de los activos viales en este distrito.



5 DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DEL DISTRITO DE VARA BLANCA

Para realizar el diagnóstico de la RVC y puentes que posteriormente se usará para la estimación del valor patrimonial se dispone de diferentes actividades con productos asociados:

1. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular.
2. Identificar condición funcional por medio del ensayo de regularidad (IRI) en vías asfaltadas.
3. Identificar condición estructural por medio del ensayo de deflectometría (FWD) en vías asfaltadas.
4. Identificar condición funcional por medio del equipo Rugosímetro III en vías de lastre y con tratamiento superficial.
5. Determinación de la capacidad de soporte de la subrasante en vías de lastre por medio del DCP.
6. Inventarios e inspecciones de 7 puentes vehiculares existentes en el distrito.

La red vial cantonal de Vara Blanca posee caminos pavimentados, de lastre y con tratamiento superficial, a los cuales se les realizó diferentes ensayos dependiendo del tipo de vía. En la Figura 4 se muestra la clasificación del tipo de vía.

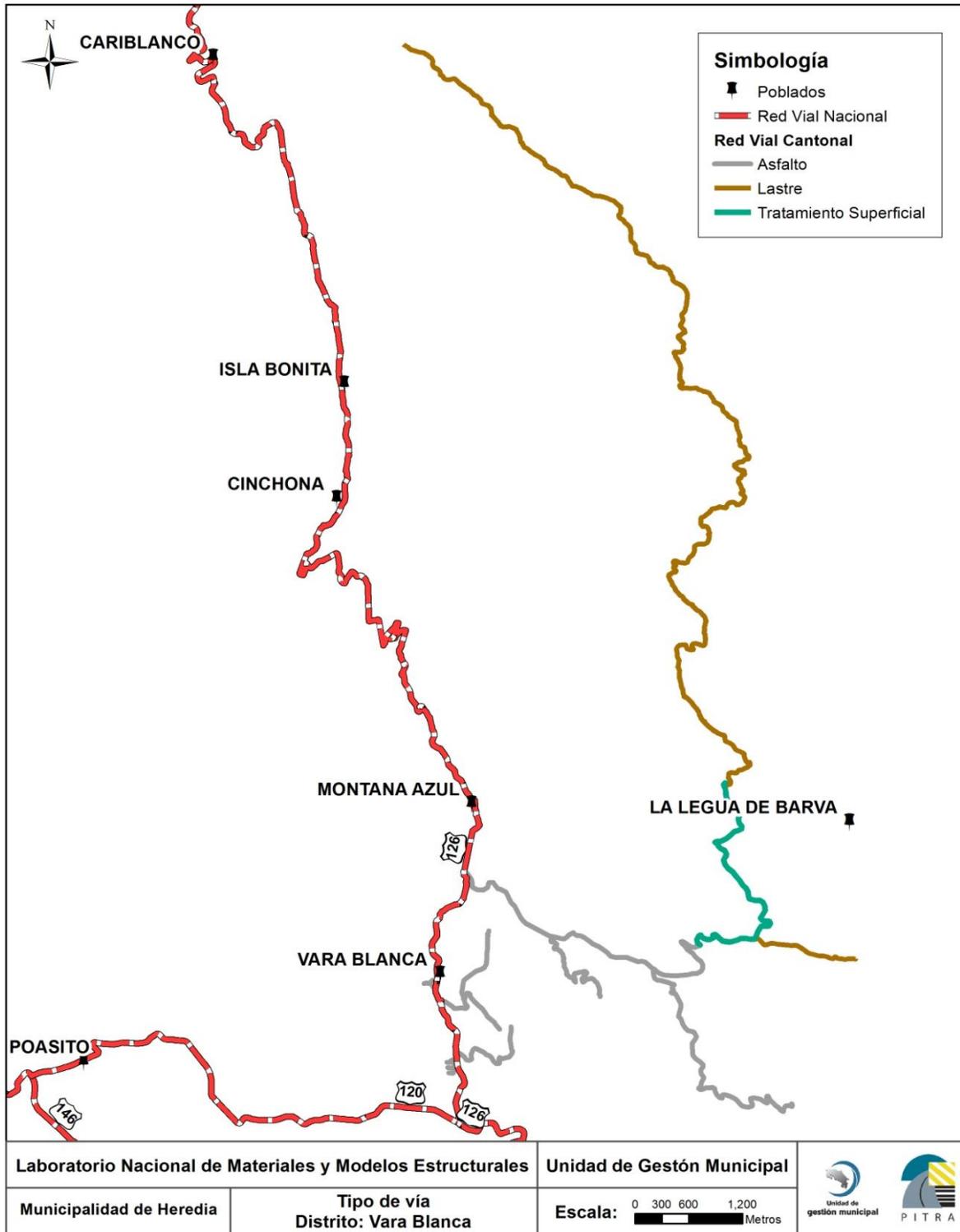


Figura 4. Tipo de vía de la red vial cantonal de Vara Blanca



5.1 Tránsito promedio diario (TPD)

Para realizar un adecuado planeamiento de la inversión en la infraestructura vial es fundamental conocer las características del tránsito que circula sobre la estructura del pavimento, tanto en cantidad como tipo de vehículos. Los datos actualizados del tráfico permiten identificar la demanda vehicular de la zona, el cual es un dato básico para diseñar una estructura del pavimento que se adapte a las necesidades del sitio, o bien para implementar medidas correctivas como un refuerzo o mantenimiento oportuno.

Algunos aspectos que se consideraron al realizar conteos de tránsito fueron:

- Realizarlos durante períodos de tránsito normal, nunca en vacaciones o días feriados.
- Realizarlos entre los días lunes y viernes, preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Realizar conteos de 25 horas para tomar en cuenta ambos períodos de hora pico, y facilitar el análisis del cálculo del TPDA (Tránsito promedio diario anual).
- Escoger los sitios de mayor flujo vehicular de la calle o tramo a evaluar.

Dado que el volumen y tipo de tránsito cambian constantemente, se recomienda realizar los conteos de manera periódica, aproximadamente cada año o máximo cada dos años. Además, de esta manera se identifica la tasa de crecimiento del tránsito vehicular para la red.

En la Figura 5 se muestra la colocación de algunos de estos contadores en el distrito de Vara Blanca, en tanto que en la Figura 6 se muestran las ubicaciones de los conteos realizados y los valores de TPD obtenidos.



Figura 5. Contadores automáticos en red vial del distrito de Vara Blanca

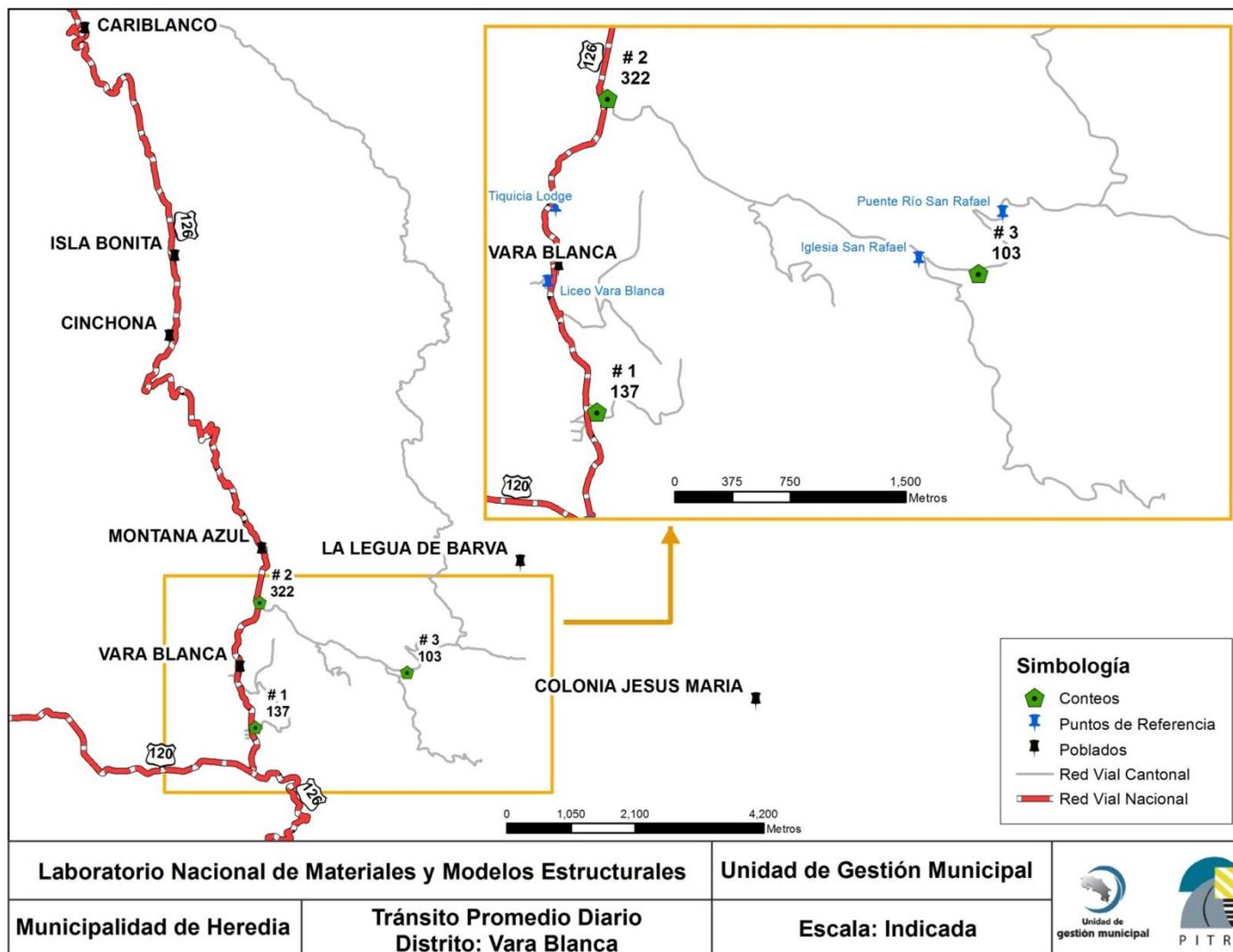


Figura 6. Ubicación de los conteos y resultados de TPD en el distrito de Vara Blanca

Informe LM-PI-GM-INF-09-17

Fecha de emisión: Noviembre, 2017

Página 17 de 65



5.2 Clasificación funcional de la Red Vial

Los resultados obtenidos a partir de los conteos vehiculares permiten identificar las vías que dentro de este distrito presentan mayores flujos de tránsito de aquellas que presentan una condición de menor uso diario.

La clasificación de vías en una red vial es fundamental para las labores de gestión que debe realizar la Municipalidad, pues le permite priorizar obras en aquellas vías en las cuales exista evidencia de que un mayor número de usuarios hacen uso de la misma, o bien, que existe la necesidad de dotar con vías en adecuadas condiciones a centros de atracción y generación de viajes, tales como:

- Centros de salud
- Centros educativos
- Zonas comerciales
- Zonas industriales

Adicionalmente, es necesario tomar en consideración la conectividad que en muchas ocasiones brindan las vías cantonales a las rutas nacionales y de travesía. Al existir múltiples vías cantonales que dan acceso a rutas nacionales es normal que los usuarios pasen de una red vial a otra; por lo tanto, aquellas vías que sirven como corredores de paso entre rutas nacionales podrían tener mayor demanda que las vías internas de la red vial cantonal.

Usualmente se establecen tres niveles de clasificación para vías en una red vial cantonal: rutas primarias, rutas secundarias y rutas terciarias o de acceso. Dependiendo de los volúmenes de tránsito medidos se establecen umbrales para separar las vías y se considera también los sitios de atracción de viajes y cercanía con rutas nacionales.

En el caso de la Municipalidad de Heredia ya se cuenta con una clasificación propuesta por la municipalidad basada en los códigos de camino que se presenta en la Figura 7.

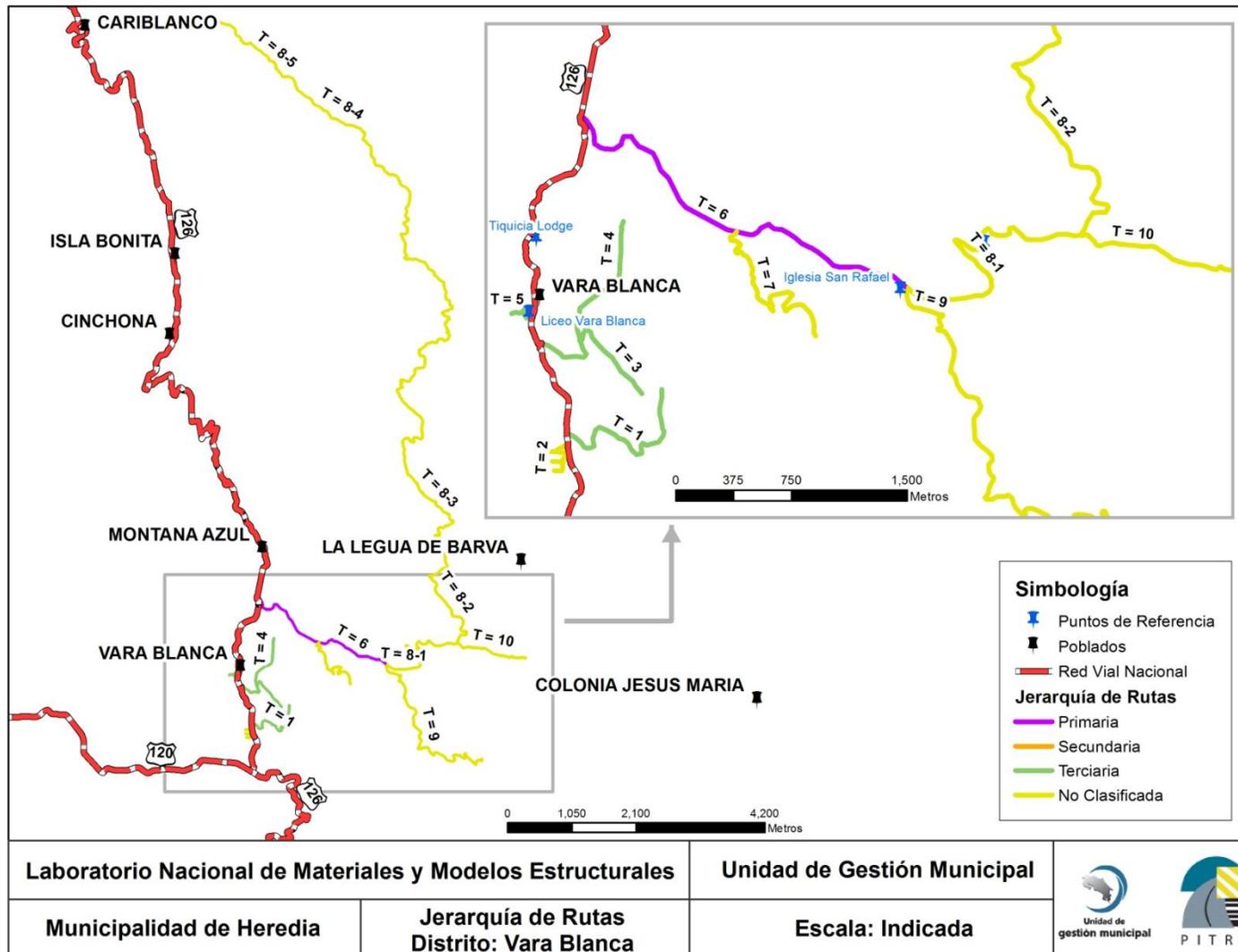


Figura 7. Clasificación funcional de vías en el distrito de Vara Blanca según la Municipalidad

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 19 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

5.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI) en vías asfaltadas.

El IRI es utilizado en muchos países como parámetro de aceptación de obras y gestión de pavimentos, pues se encuentra relacionado con los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

Este parámetro resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la regularidad de un camino en un auto de pasajeros típico; además, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadora (RARS80) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h. El IRI aumenta conforme la rugosidad aumenta, como se presenta en la Figura 8.

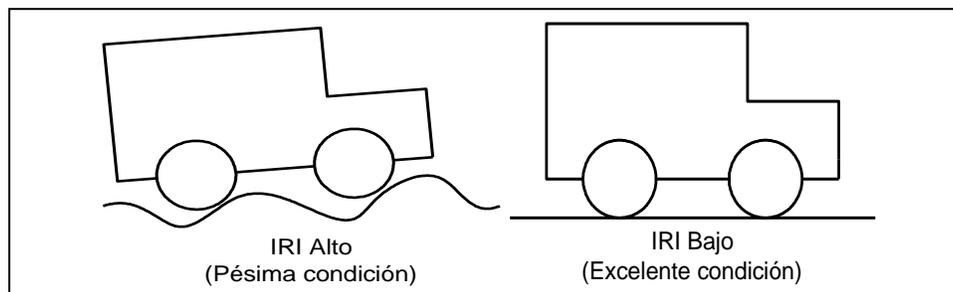


Figura 8. Representación física del Índice de Regularidad Internacional

Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, puesto que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios, para ser preciso se debe especificar la longitud para la cual se determina dicho valor.

El equipo utilizado para la medición del IRI es del tipo Perfilómetro Inercial Laser, el cual es un equipo de alto rendimiento que produce medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento.

El equipo Perfilómetro Inercial Láser, propiedad del LanammeUCR, mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte delantera del vehículo, como se muestra en el esquema de funcionamiento del equipo de la Figura 9.

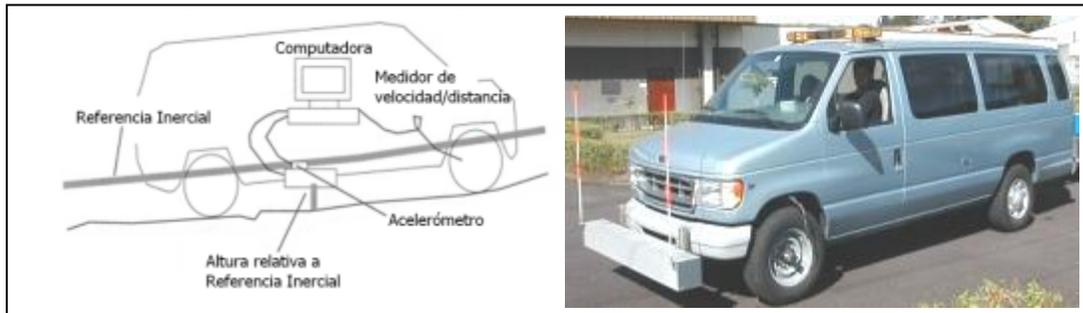


Figura 9. Perfilómetro Inercial Láser

Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI se calculó sobre la red vial pavimentada cada 25 metros durante el mes de setiembre del año 2017 abarcando todas las rutas asfaltadas contempladas por la contratación y se cubrió una longitud aproximada de 12,6 km. En la Figura 10 y Figura 11, se muestran gráficamente los resultados de estas mediciones, las cuales se clasificaron según la calidad funcional en cuatro rangos, los cuales se muestran en Cuadro 1.

Cuadro 1. Categorización del Índice de Regularidad Internacional

Condición	IRI (m/km)
Bueno	< 3,6
Regular	3,6-6,4
Malo	6,4-10
Muy malo	> 10

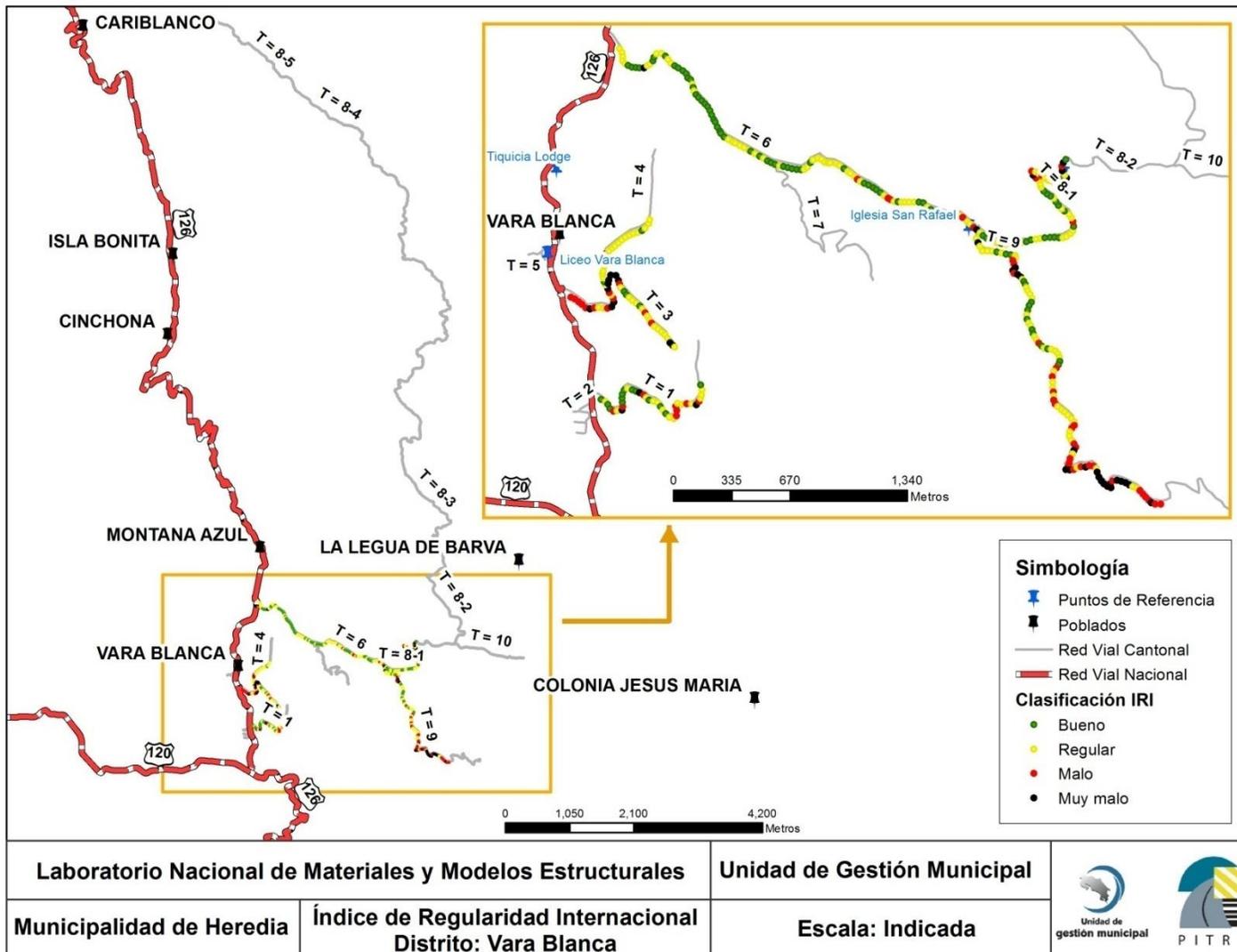


Figura 10. Resultados del IRI para las mediciones realizadas en el distrito de Vara Blanca

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 22 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

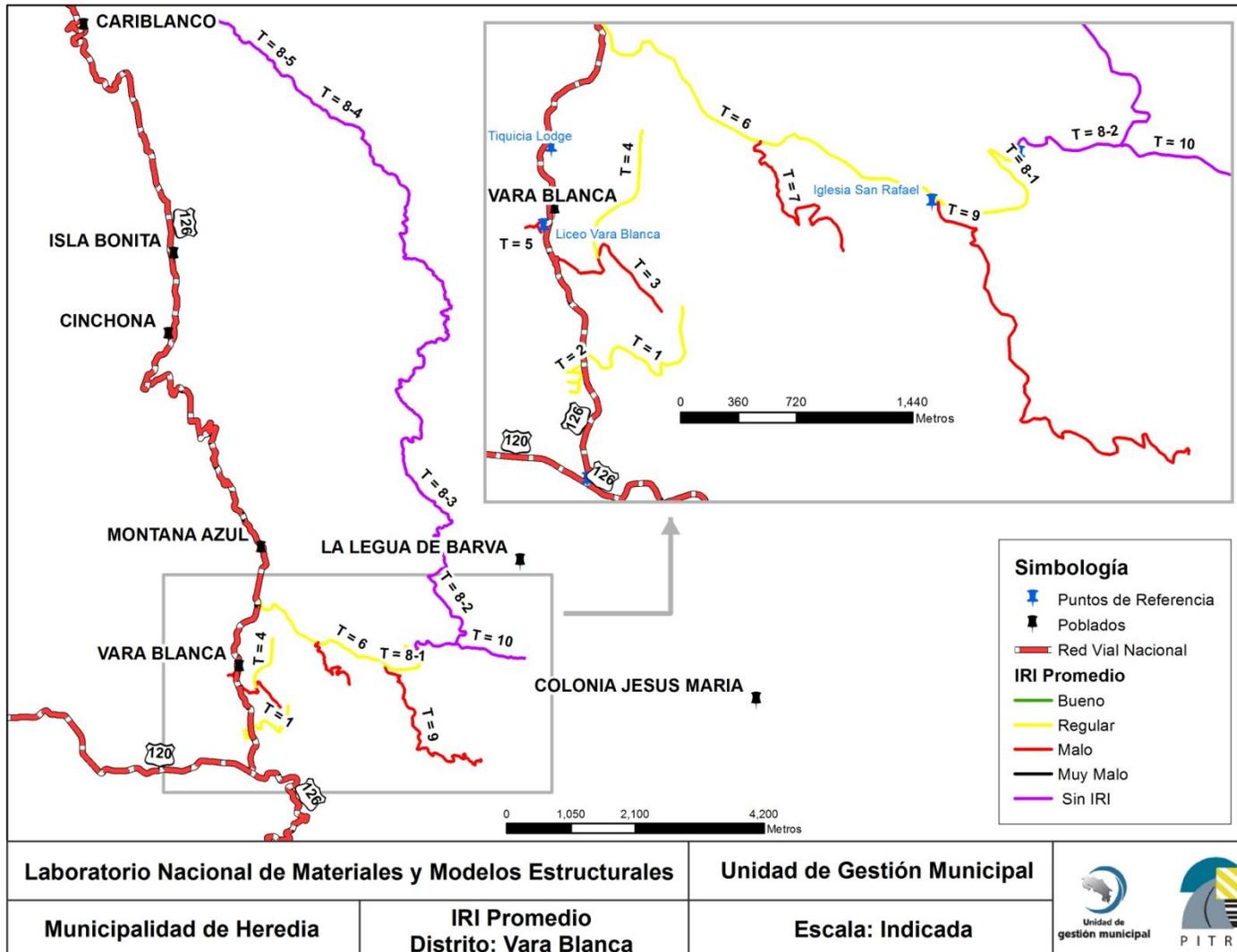


Figura 11. Resultados del IRI promedio para las mediciones realizadas en el distrito de Vara Blanca

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 23 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

En la Figura 12 se presenta la distribución porcentual de cada una de las mediciones de IRI en las cuatro categorías definidas. Se determinó que un 28% de las estimaciones de IRI a cada 25 metros se encuentran en la categoría "Bueno", además, un 44% y 16% se pueden clasificar en las categorías de "Regular" y "Malo" respectivamente, esto caracteriza una superficie con condiciones aceptables de operación en su mayor parte (72%) que favorece menores costos de operación a los usuarios.

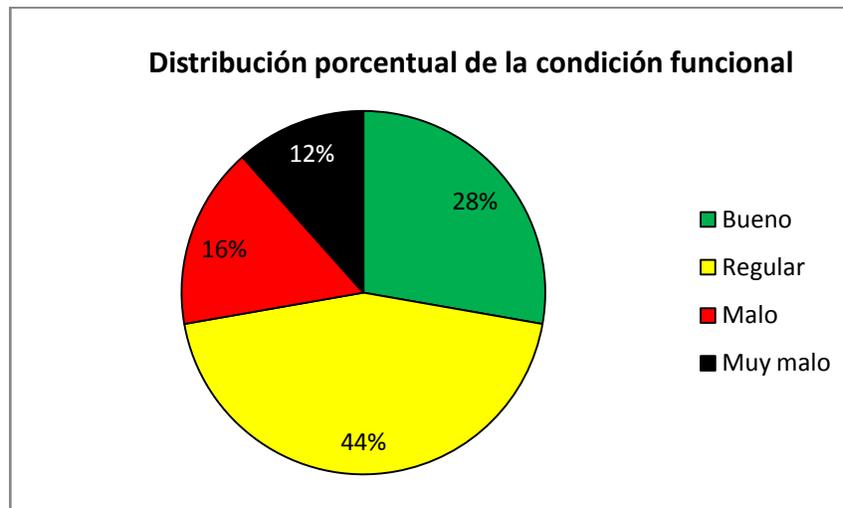


Figura 12. Distribución porcentual de la condición según el IRI

5.4 Condición estructural a partir de deflectometría en vías asfaltadas

Conocer la capacidad estructural de un pavimento permite determinar la respuesta que éste tendrá ante las cargas de tránsito a las que se encuentra expuesto, y es posible determinarla mediante la utilización de equipos como el Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés).

El procedimiento para la aplicación de este equipo consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones en nueve puntos a diferentes distancias respecto al punto exacto donde se aplicó la carga. A continuación en la Figura 13 se muestra el equipo de medición y los puntos donde se miden las deflexiones.

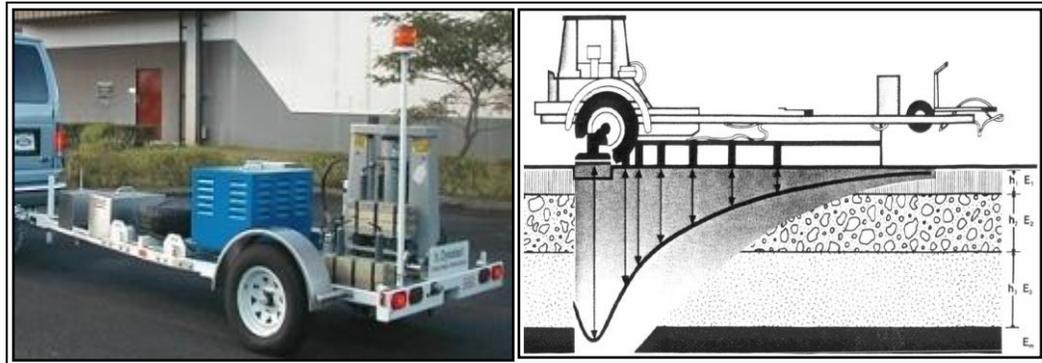


Figura 13. Equipo de deflectometría de impacto

Fuente: LanammeUCR, 2008

La clasificación utilizada para los valores de deflectometría para una estructura con base granular son tomados a partir de un estudio realizado por el LanammeUCR (Proyecto LM-PI-GM-03-2014, LanammeUCR), en el cual se determinaron rangos según las distintas categorías de TPD, de acuerdo con parámetros observados en la RVC, en la Figura 14 se presenta la clasificación de deflectometría utilizada. En la Figura 15 y Figura 16 se muestran los resultados de la prueba de deflectometría en el distrito de Vara Blanca.

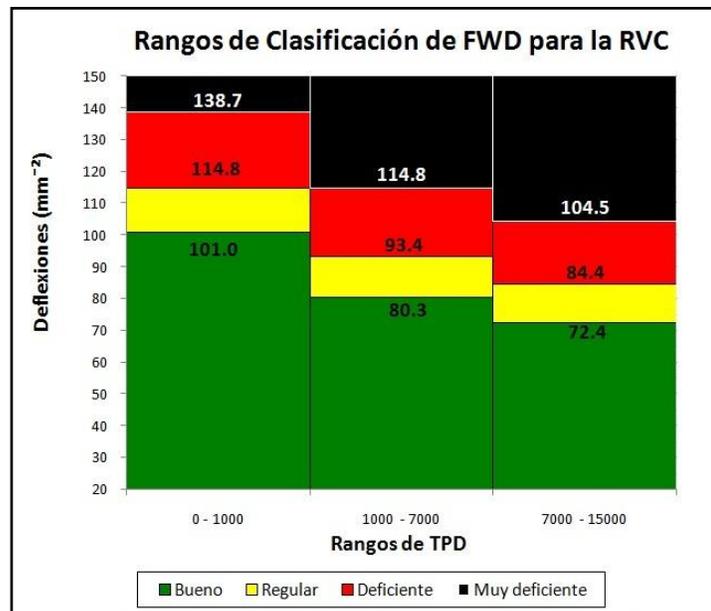


Figura 14. Condición del pavimento para una estructura con base granular

Fuente: LanammeUCR, 2014

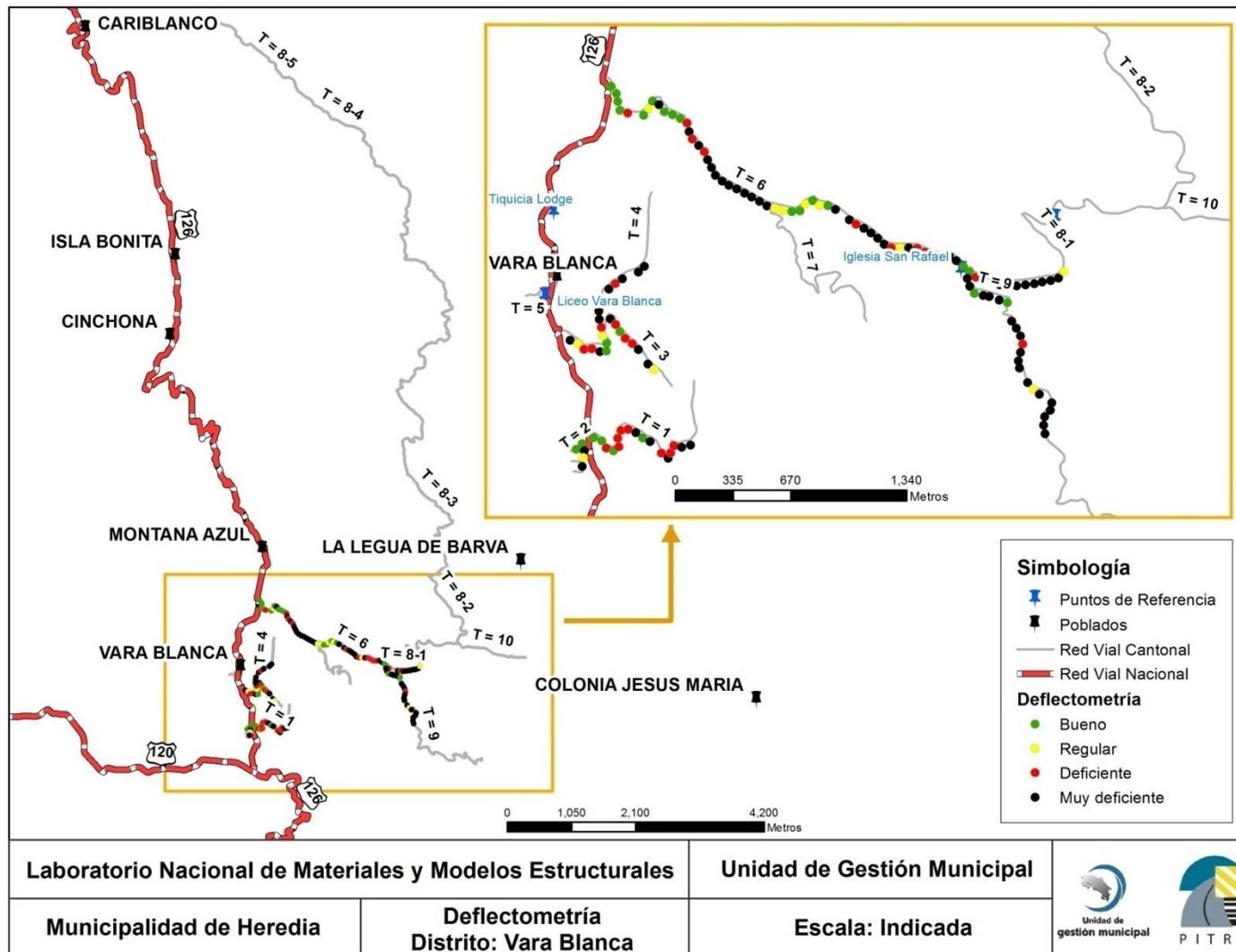


Figura 15. Resultados del FWD para las mediciones realizadas en Vara Blanca

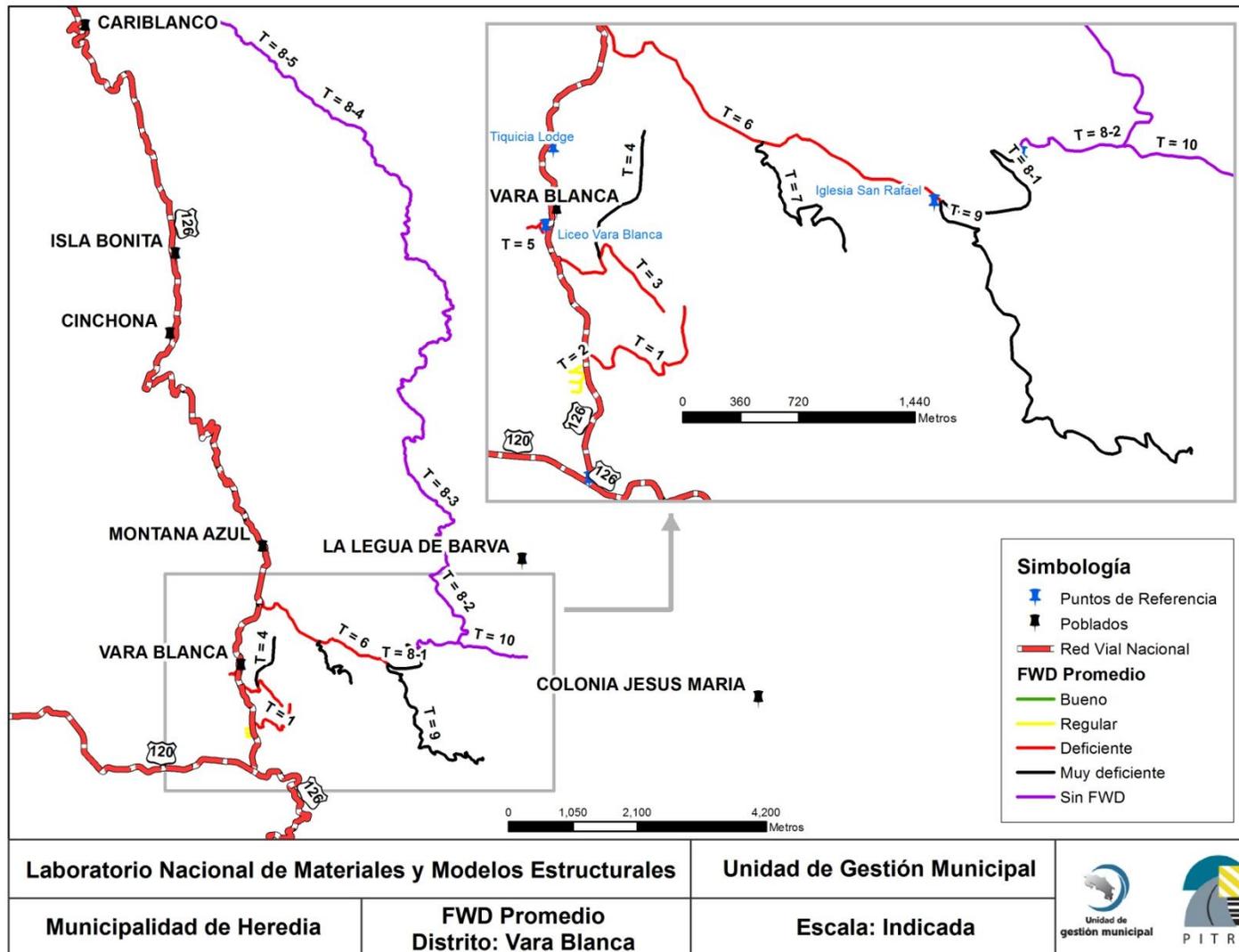


Figura 16. Resultados del FWD promedio para las mediciones realizadas en de Vara Blanca

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 27 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

Para la red vial de Vara Blanca estas mediciones se realizaron con el equipo Deflectómetro de Impacto a cada 50 metros a lo largo de la red (aproximadamente 12,6 km). En la Figura 17, se muestra gráficamente la evaluación realizada, se observa que un 29% de todas las mediciones realizadas presentan una buena o regular condición estructural, es decir, soportan adecuadamente las cargas que le generan los vehículos. Sin embargo, un 71% de las mediciones del pavimento presentan un desempeño "Deficiente" o "Muy deficiente", por lo podrían requerir acciones de refuerzo o reconstrucción para que puedan trabajar de manera óptima.

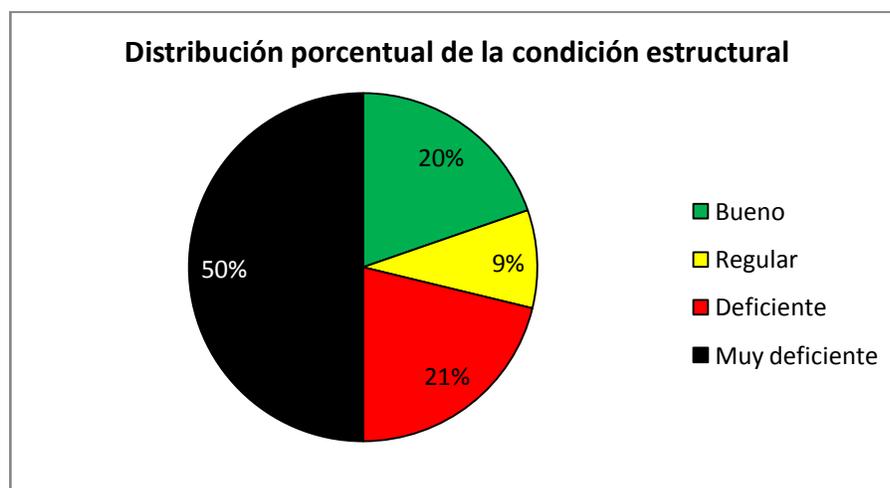


Figura 17. Distribución porcentual de la condición según FWD

Es importante mencionar que con la información disponible a este punto es posible para la Municipalidad de Heredia determinar labores básicas de intervención basados en los datos de tránsito, IRI y Deflectometría usando el método de notas de calidad que no se ha incluido en este informe al encontrarse fuera del alcance establecido.

5.5 Tramos homogéneos propuestos

Una vez obtenidos todos los resultados mostrados anteriormente es posible iniciar una segmentación de la red vial, basándose en la distribución de códigos de caminos ya existentes en la Municipalidad; tomando en cuenta además los criterios de tránsito, respuesta del pavimento y regularidad superficial, así como la percepción del uso de acuerdo con las visitas a campo. En la Figura 18 se muestra los tramos obtenidos.

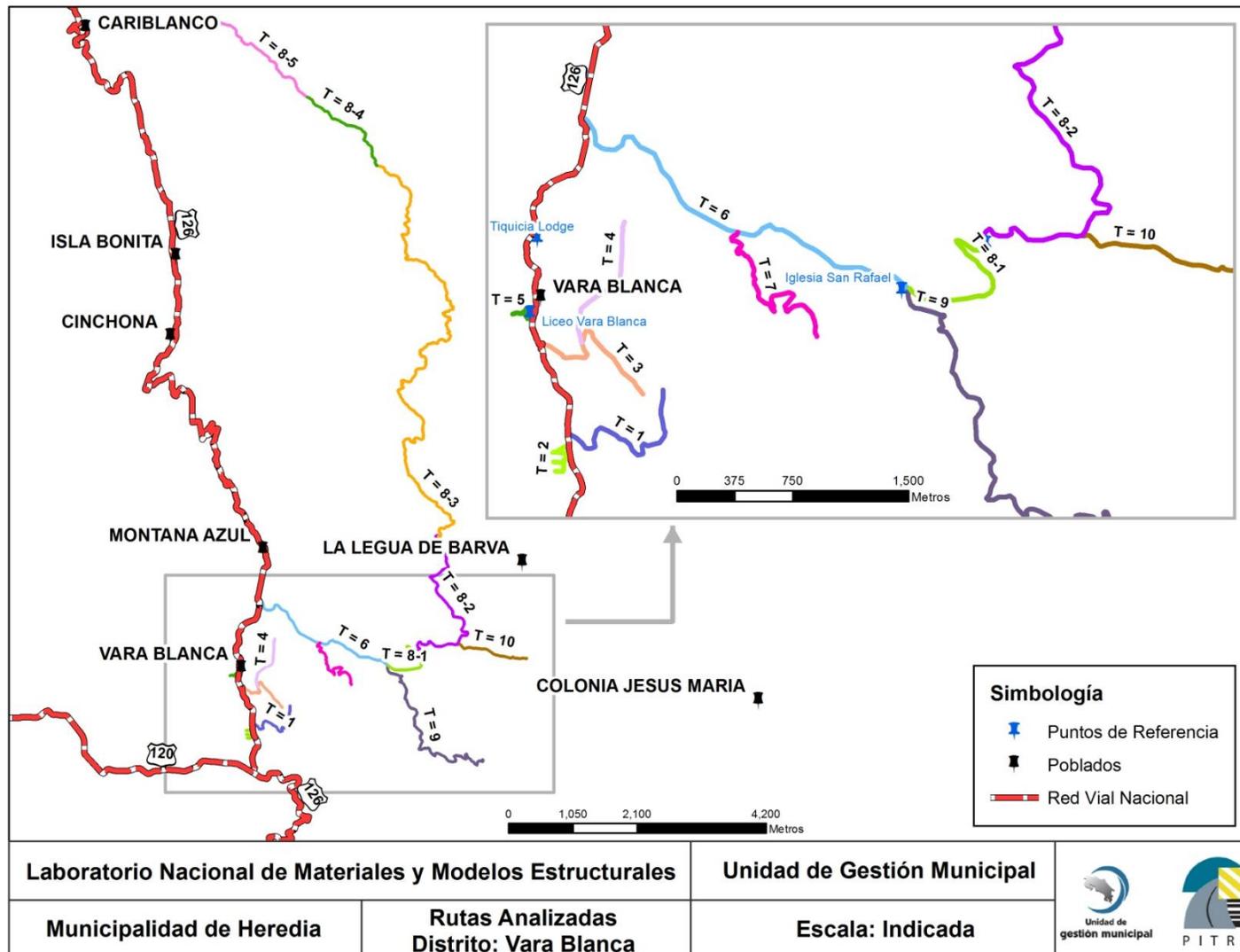


Figura 18. Tramos homogéneos propuestos

5.6 Condición superficial a partir del Rugosímetro III de las vías no pavimentadas

Es ideal que los caminos no pavimentados cuenten con un indicador objetivo de su condición y de esta forma poder realizar un diagnóstico y establecer las medidas de mantenimiento o intervención que requieren. Uno de estos indicadores es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), obtenido a partir del equipo Rugosímetro III. Este instrumento mide el perfil longitudinal de la superficie de ruedo de caminos rurales pavimentados o sin pavimentar, con velocidades bajas y relieve ondulado y montañoso. En la Figura 19 se muestra los componentes del equipo.

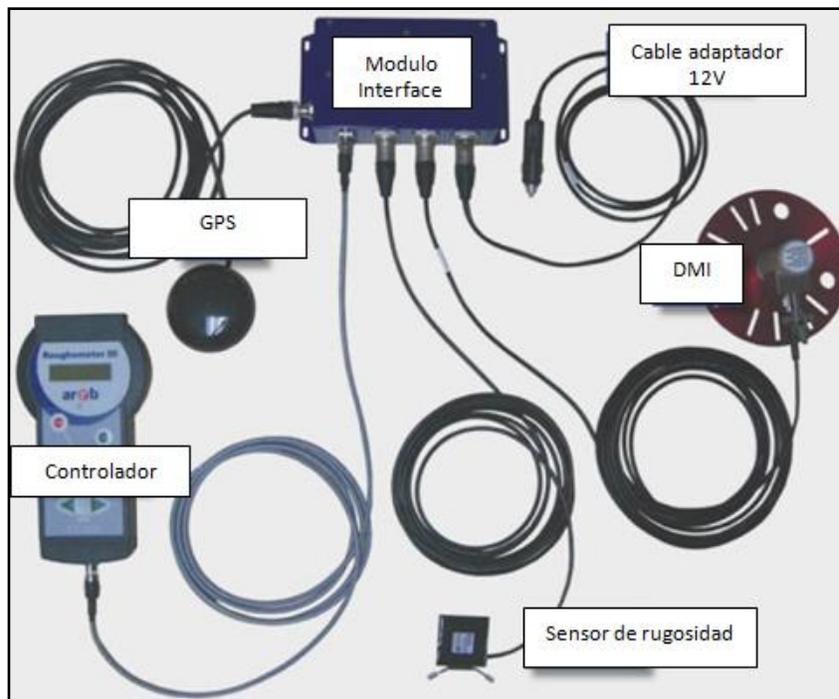


Figura 19. Componentes del Rugosímetro III

Fuente: ARRB Group Ltd, 2009

Con el Rugosímetro III se puede obtener mediciones objetivas del perfil de la carretera para calcular el IRI, evaluando la regularidad superficial del camino de acuerdo con la dinámica de la suspensión y el amortiguamiento de un vehículo convencional cuando es conducido a velocidades de entre 40 y 60 km/h, pues corresponde a un acelerómetro que se coloca sobre el eje del vehículo, permitiendo que se registre un perfil del terreno.



El IRI se calculó sobre la red vial no pavimentada durante el mes de octubre del año 2017 abarcando una longitud aproximada de 17 km. En la Figura 20 y Figura 21, se muestran gráficamente los resultados de estas mediciones, las cuales se clasificaron según la calidad funcional en cuatro rangos, los cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Escala del Índice de Regularidad Internacional para caminos no pavimentados mediante el Rugosímetro III

Condición	IRI (m/km)	Superficie de rodamiento
Bueno	< 5	Sin deterioros
Regular	5-10	Presenta cierto deterioro superficial como baches y hundimientos puntuales
Malo	10-15	Presenta deterioros importantes, hundimientos y baches
Muy malo	> 15	Presenta un gran deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches

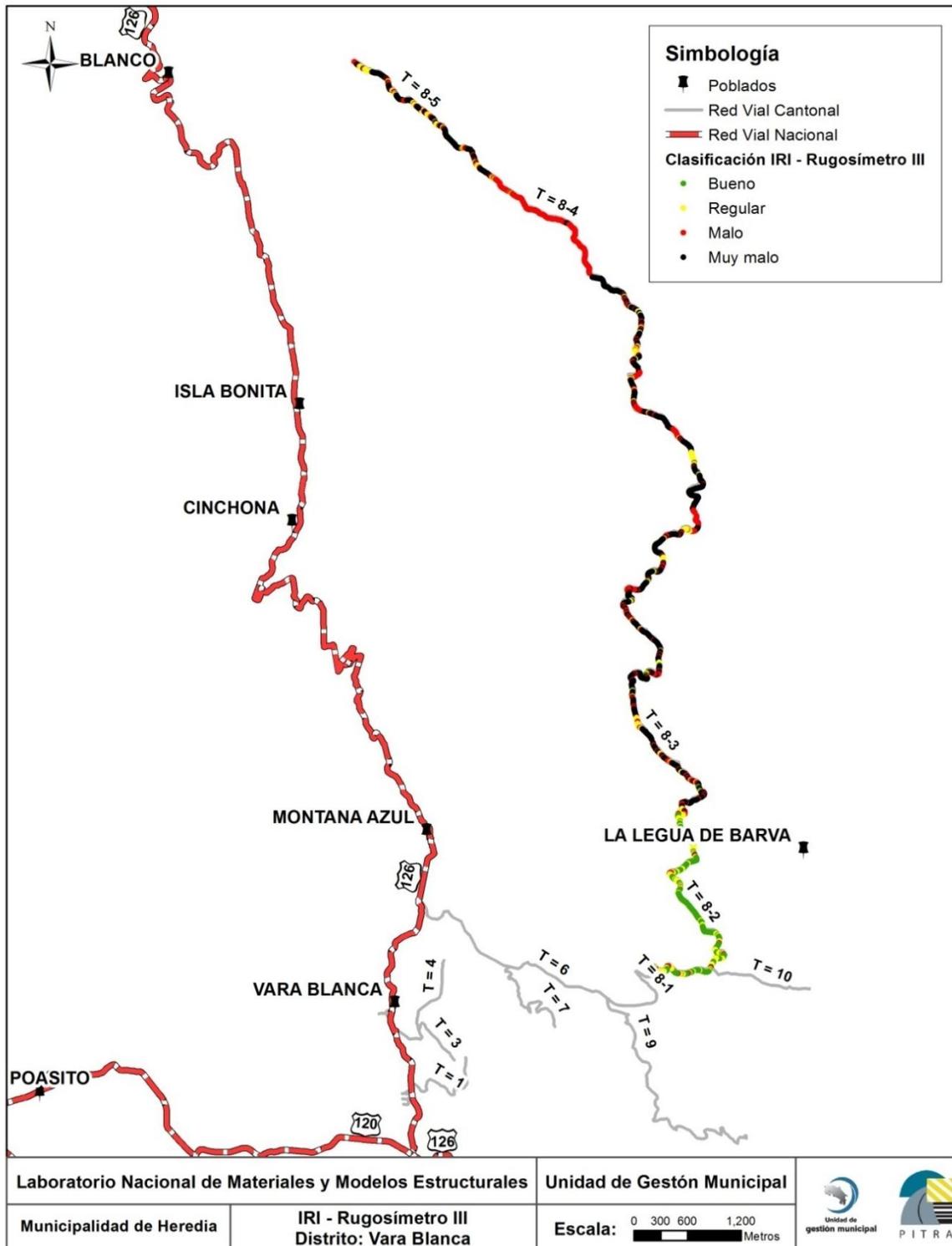


Figura 20. Resultados de las mediciones de IRI realizadas con el Rugosímetro III

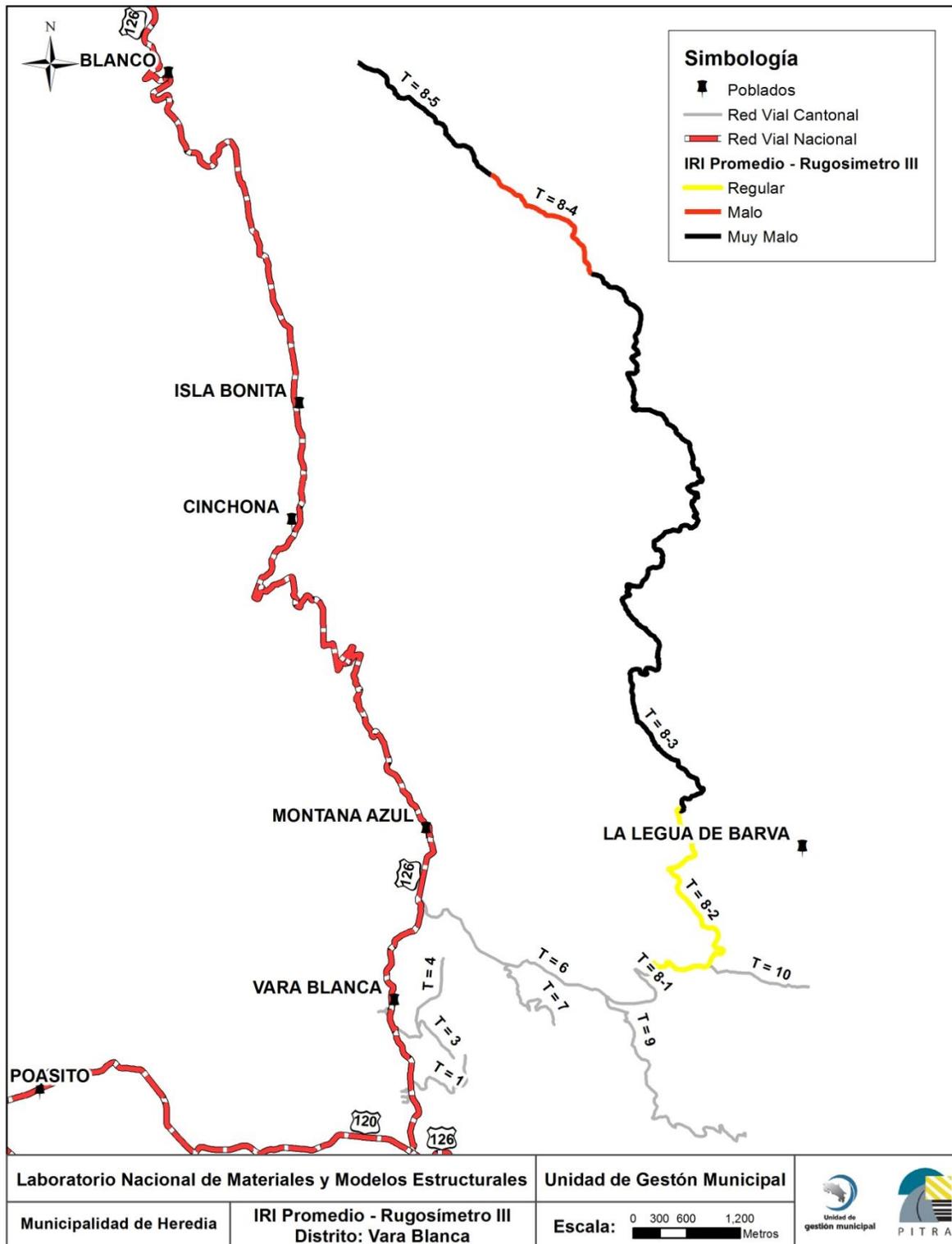


Figura 21. Resultados de las mediciones de IRI promedio realizadas con el Rugosímetro III

5.7 Capacidad soportante de la subrasante a partir del DCP de las vías de lastre

En esta sección se analiza la red vial de lastre, considerando la resistencia de la capa de la sub-rasante para soportar carga de acuerdo con el valor de CBR obtenido en sitio mediante pruebas con el Cono de Penetración Dinámico (DCP, por sus siglas en inglés), como se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Prueba de DCP realizada en sitio



El valor de CBR obtenido mediante el DCP consiste en la determinación del índice de DCP, correspondiente a la penetración en el suelo por golpe o conjunto de golpes. Posteriormente, este índice se introduce en la siguiente fórmula:

$$CBR = \frac{292}{(\text{Índice DCP})^{1,12}}$$

Una vez determinado el valor de CBR se procede a categorizarlos según la clasificación establecida por J. Bowles (1981), mostrada en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación General	Uso
0 % - 3 %	Muy Pobre	Subrasante
3 % - 7 %	Pobre a Regular	Subrasante
7 % - 20 %	Regular	Sub-base
20 % - 50 %	Bueno	Base-Sub-base
Mayor a 50 %	Excelente	Base

Fuente: Bowles, J. 1981.

En el Cuadro 4 se muestra el detalle de los valores de CBR y los respectivos parámetros empleados. Asimismo, en la Figura 22 se presenta gráficamente los valores de CBR obtenidos en los sondeos a cielo abierto realizados en las vías de lastre.

Cuadro 4. Resumen de resultados de CBR empleando el DCP.

Sondeo	Descripción	Masa (kg)	Índice DCP Promedio	CBR DCP
1	Suelo café claro, limo arcilloso	8	31.1	6.3
3	Suelo café oscuro - rojizo	8	43.4	4.3
4	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café oscuro sin olor	8	68.0	2.8
5	Suelo café oscuro sin olor	8	37.3	5.1

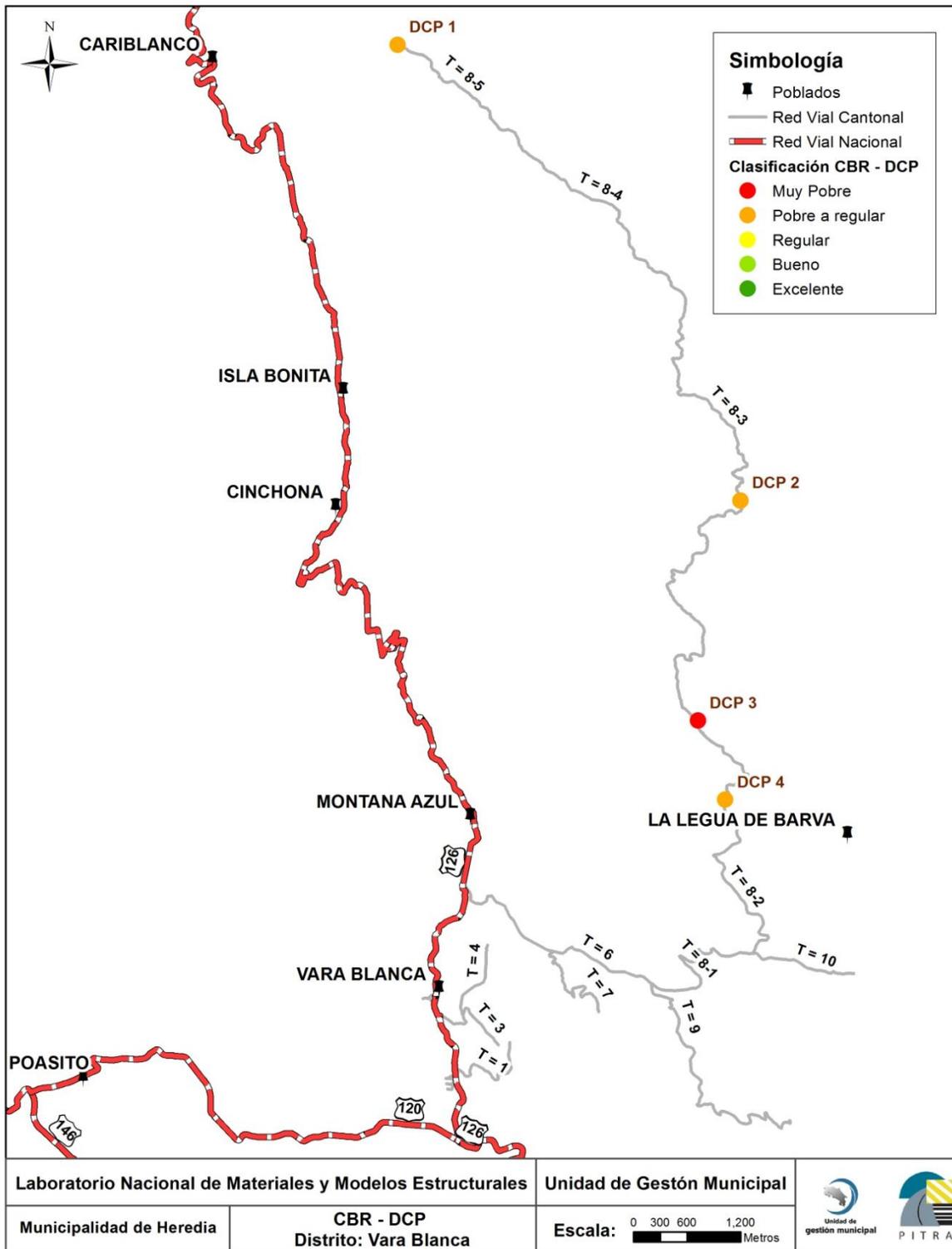


Figura 22. Clasificación del CBR según Bowles, en el distrito de Vara Blanca



5.8 Evaluación de puentes

Dentro de los componentes del patrimonio vial que fueron evaluados durante este proceso están los puentes vehiculares ubicados en la red vial del distrito de Vara Blanca. Dentro de este distrito se tienen varios cuerpos de agua que fluyen hacia la zona norte del distrito, alimentando ríos como el Sarapiquí; en total se evaluaron 7 puentes ubicados en distintas vías del distrito (ver Figura 23).

La metodología que se utilizó para la evaluación de los puentes fue la establecida en el Manual para Inspección de Puentes del MOPT (2007) tanto para la parte de inventariado como para la de inspección de los elementos. Los formularios completos de la evaluación se adjuntan como anexos.

Para la evaluación de la condición de los puentes se han utilizado los lineamientos del informe LM-PI-UP-05-2015 denominado “Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes”, este documento constituye una herramienta de definición sobre la condición estructural y funcional de los puentes adaptado a las condiciones del país. Las categorías de clasificación y descripción de las condiciones se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Categorías y descripción de condiciones para evaluación de puentes vehiculares

Categoría	Condición	Descripción	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
1	SATISFACTORIA	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados	Mantenimiento rutinario (Debe estar programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional)
2	REGULAR	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	Atención pronta. Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	Atención prioritaria. Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida
6	RIESGO INACEPTABLE o FALLA INMINENTE	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la sustitución de elementos dañados	Atención inmediata. Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente

Fuente: Informe LM-PI-UP-05-2015

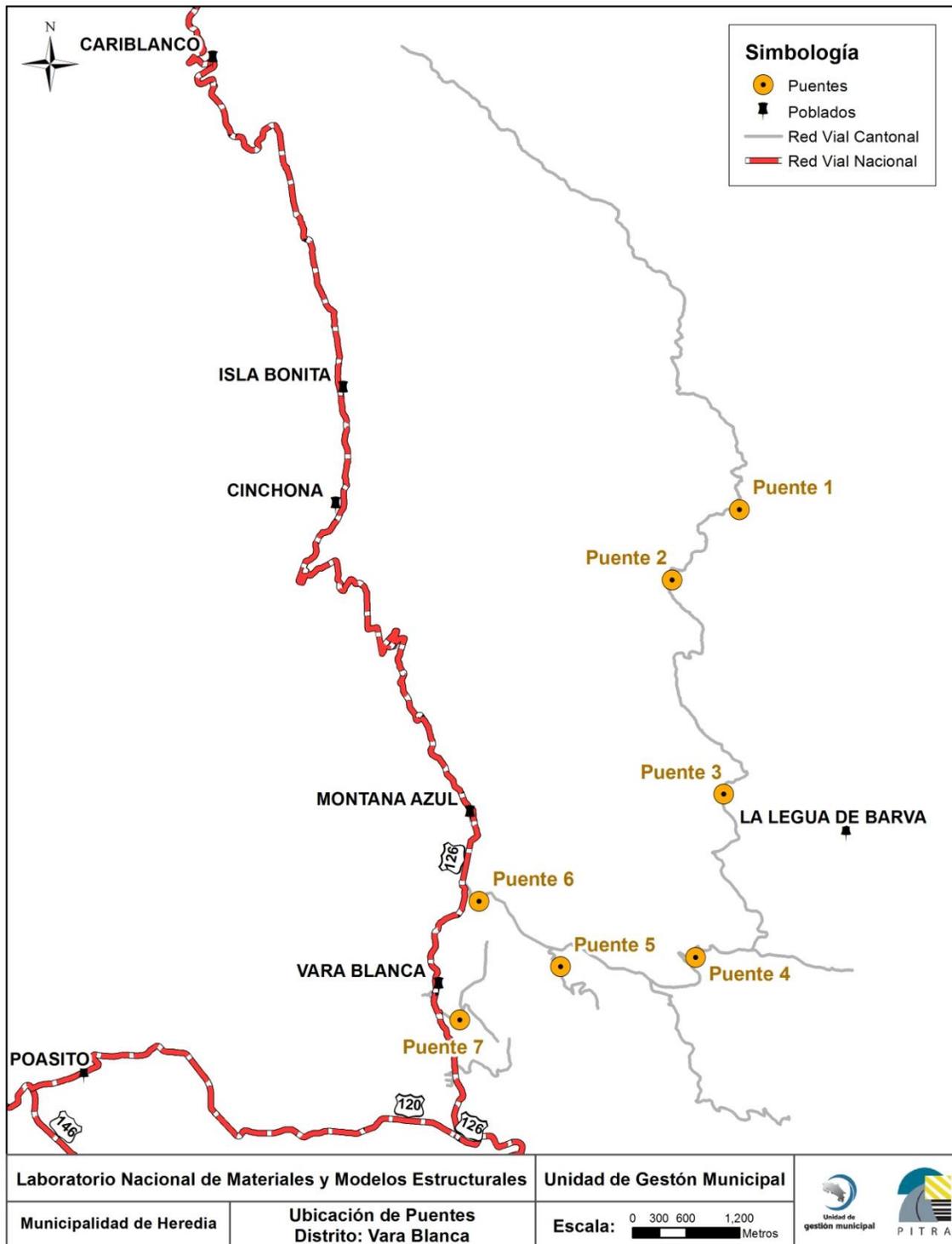


Figura 23. Ubicación de puentes inspeccionados



En el Cuadro 6 se resumen los resultados obtenidos durante la evaluación de los puentes en el distrito de Vara Blanca.

Cuadro 6. Resumen de resultados de evaluación en puentes

Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
1. Río San Fernando	22.8m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado.	<ul style="list-style-type: none"> • Leves agrietamientos en algunas losetas. 	Satisfactoria
2. Quebrada Arrayanes	17.9m	Superestructura de vigas de acero y bastiones de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicios de socavación en elementos de protección (delantal de concreto ciclópeo) en bastión Sur. 	Satisfactoria
3. Río Santo Domingo	8m	Superestructura con vigas metálicas y bastiones de concreto ciclópeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación considerable en ambos bastiones. • Vigas con oxidación generalizada y corrosión en varios sectores. • Elementos de acero de las juntas sobresalen a la superficie. • Nidos de piedra en losa (cara inferior) • Deterioros menores en superficie de ruedo. 	Seria
4. Río San Rafael	22.5m	Superestructura de vigas de acero y bastiones de concreto reforzado.	<ul style="list-style-type: none"> • No se identifican daños. 	Satisfactoria
5. Afluente Río Sarapiquí	9.15m	Superestructura de vigas de acero y bastiones de concreto ciclópeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Hay socavación en un bastión. • Condiciones de soporte inciertas al estar apoyado en roca. • Vigas principales con oxidación y corrosión con pérdida de sección. • Barandas inadecuadas. • Apoyos con deterioros. 	Seria
6. Río Sarapiquí	16m	Superestructura de losetas y vigas de acero con bastiones de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> • Barandas de acero en mal estado, presentan impactos. • Vigas principales con oxidación y corrosión con pérdida de sección. • Separación en el cuerpo del bastión #2. • Inicios de socavación en bastión #2. 	Seria



Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
7. Brazo Río Sarapiquí	9.3m	Superestructura compuesta por dos chasis de camión con laminas de acero, subestructura de bastiones de concreto ciclópeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Laminas de acero con deformaciones y roturas en las soldaduras generan aberturas y movimientos. • Barandas en mala condición. • Bastiones sin aletones, pérdida de material en relleno de aproximación. • Socavación en ambos bastiones. 	Seria

Con base en los resultados anteriores y la documentación adjunta en forma digital (formularios, hojas de evaluación y fotografías) se tiene un inventario completo y actualizado de los puentes en este distrito. Existen puentes en muy buena condición y puentes en condición seria por lo que se insta a la Municipalidad a aplicar un programa de mantenimiento preventivo para conservar los puentes en buena condición y realizar intervenciones mayores de tipo rehabilitación y reconstrucción en los puentes en peor condición.

6 ESTIMACIÓN DE COSTOS

La metodología propuesta para la estimación del valor patrimonial vial contempla la comparación de los elementos actuales (pavimentos, aceras, señales, cordones de caño y puentes) con relación a los valores máximos de sustitución de los mismos; es decir, en caso de que no existieran estos elementos cuánto costaría construir esta infraestructura de forma tal que cumpla con los requisitos de demanda de tránsito. Se necesita entonces dar un valor monetario a las estructuras modelo que serán la referencia de condición óptima contra el que se comparan las existentes. A continuación se muestran los costos unitarios calculados para la zona de Heredia de las principales estructuras.

6.1 Costo de materiales para caminos y estructuras de pavimento

Los materiales que se han considerado corresponden a los típicos para la construcción de vías en rutas cantonales: subbase, base granular y mezcla asfáltica (sin modificantes ni polímeros). Las estructuras de pavimento modelo serán diseñadas a partir de los datos de

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 40 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------



tránsito medidos en diversos puntos. Se ha considerado para el cálculo de los precios el esquema de contratación a un tercero (empresa privada) sin la existencia de donaciones o trabajos por parte de la Administración que evidentemente reduciría el costo a la Municipalidad.

Para los materiales granulares se ha considerado en el cálculo el proceso completo de extracción, trituración, transporte, suministro y colocación según los esquemas constructivos tradicionales. En el caso de la mezcla asfáltica se ha calculado el costo de producción completo desde la extracción y trituración de los agregados hasta la producción de la mezcla con su debido acarreo y colocación utilizando equipos mecanizados.

Los precios finalmente han sido comparados con los actuales para labores de conservación vial para la zona 1-9 (Heredia) por parte del CONAVI en la licitación 2014CD-000140-0CV00 los cuales rigen actualmente para esta zona del país. Es importante aclarar que los costos finales contemplan solamente los materiales y su colocación, no así procesos de diseño o estudios básicos.

Para el caso del distrito de Varablanca no ha sido posible utilizar el equipo Geo3D, con lo cual no se ha procedido a realizar un inventario de aceras, cordones de caño y señales de tránsito. Igualmente, ante esta limitación no se ha medido directamente el valor de PCI, por lo cual el que se utiliza es un estimado valorando la condición de deflectometría y condición superficial en partes iguales de 50% dentro del índice estimado.

En el caso de los tramos en lastre y tratamiento superficial se ha procedido a utilizar los datos directos del ensayo de DCP, en este caso la medición ha sido llevada a cabo en el sitio y no es necesario estimar espesores teóricos, sino que se utilizan los reales.

En el Cuadro 7 se muestran los precios calculados para las estructuras modelo y su comparación con los precios actuales de conservación vial. Las memorias de cálculo se adjuntan como anexo.



Cuadro 7. Costos de los materiales calculados

Ítem CR-2010	Material	Unidad	Costo Unitario	Costo Unitario zona 1-9 (Conavi)
301.06	Subbase Granular graduación B	m ³	¢17.048,91	¢12.463.59
301.03	Base Granular graduación D	m ³	¢18.410,60	-----
402.01	Mezcla asfáltica en caliente, tamaño máximo 19mm.	t	¢62.754,35	¢53.539.33
312.01	Lastrado	m ³	¢13.942,91	-----
252.01	Pedraplen para fundación	m ³	¢12.377,58	-----
406.3	Tratamiento superficial bituminoso TSB- 3	m ²	¢3.430,15	-----

6.2 Costo de puentes vehiculares

La estimación de costo de un puente se puede abordar desde dos perspectivas: por el costo individual de sus partes o por un monto global comparando un puente de características similares de reciente ejecución. En el caso de la Municipalidad de Heredia existe información actualizada sobre la construcción de puentes en la zona del distrito Varablanca; adicionalmente el tipo de puente para el cual se tiene información disponible es similar en su forma y componentes a la mayoría de los puentes evaluados.

Por esta razón, es que se ha elegido realizar la estimación de costos basado en los costos globales de construcción de los puentes sobre el Río San Fernando, Quebrada Arrayanes y Río San Rafael. Esto representa una ventaja pues no solo es información actualizada sino que contempla labores adicionales (estudios preliminares y diseños) a solamente los elementos componentes.

Para poder extrapolar la información de este puente se ha realizado el cálculo del costo global por metro cuadrado de puente, de esta manera se podrá llevar el costo real a otros puentes de mayor longitud. El Cuadro 8 resume el cálculo del costo:

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 42 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------



Cuadro 8. Cálculo del costo por metro cuadrado de puente vehicular típico

Dimensión	Medida	Área	Costo total	Costo por metro cuadrado
Largo	8m	96m ²	¢137.316.389.96	¢1.430.379
Ancho	12m			ó \$2.650*

*Tipo de cambio utilizado ¢540/\$

Adicionalmente se ha realizado un estudio de precios para puentes de diferentes tipologías revelando un costo promedio de ¢1.485.000/m² para puentes de vigas de concreto y de ¢1.650.000/m² para puentes de vigas de acero. Estos datos se han tomado para la estimación de valor de sustitución.

7 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO

Para la estimación del valor patrimonial es necesario establecer estructuras de pavimento modelo que cumplan con las condiciones de vida útil, desempeño y capacidad soportante acordes a las demandas de tránsito ya medidas en este distrito. Con esto lo que se pretende es establecer que características en cuanto a material y espesores es la ideal para las condiciones actuales de operación de la red vial en Vara Blanca; de paso constituyen alternativas de diseño para la Municipalidad de Heredia en caso de querer reconstruir alguna de las vías de este distrito.

Se utilizará la metodología establecida por la ecuación AASHTO 93 para la determinación de las estructuras de pavimento. Considerando la configuración tradicional de carpeta asfáltica, base granular y subbase granular, cabe mencionar que los datos de deflectometría no muestran que en ninguna de las calles evaluadas se cuente con bases estabilizadas o estructuras de concreto y acorde a lo visto en campo. Las estructuras que se presentan a continuación estarán ligadas al valor máximo de la curva de deterioro y a partir de este se establecerá el valor de las vías actuales considerando el valor de PCI obtenido en cada tramo propuesto. En el Cuadro 9 se muestran los parámetros de diseño, en la Figura 24 y Figura 25. Las estructuras obtenidas, las memorias de cálculo se adjuntan como anexos.

Cuadro 9. Variables de diseño para pavimento flexible

Informe LM-PI-GM-INF-09-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 43 de 65
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

Variable de diseño		Rutas primarias	Rutas terciarias
Ejes equivalentes	<i>W18</i>	62.873	24.920
Periodo de análisis	<i>años</i>	10	10
Confiabilidad	<i>R</i>	80%	70%
Índice de servicio inicial	<i>po</i>	4,2	4,2
Índice de servicio final	<i>pt</i>	2,5	2,5
Desviación normal estándar	<i>Zr</i>	-0.842	-0.524
Desviación estándar general	<i>So</i>	0,45	0,45
Módulo de resiliencia de la subrasante (psi)	<i>Mref</i>	7500	7500
Módulo de resiliencia de la base (psi)	<i>Ebs</i>	28000	28000
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1.7	1.7
Coefficiente estructural de carpeta asfáltica	<i>a1</i>	0,44	0,44
Coefficiente estructural de base (BG)	<i>a2</i>	0,135	0,135
Coefficiente de drenaje de base (BG ó BE)	<i>m2</i>	0.8	0.8

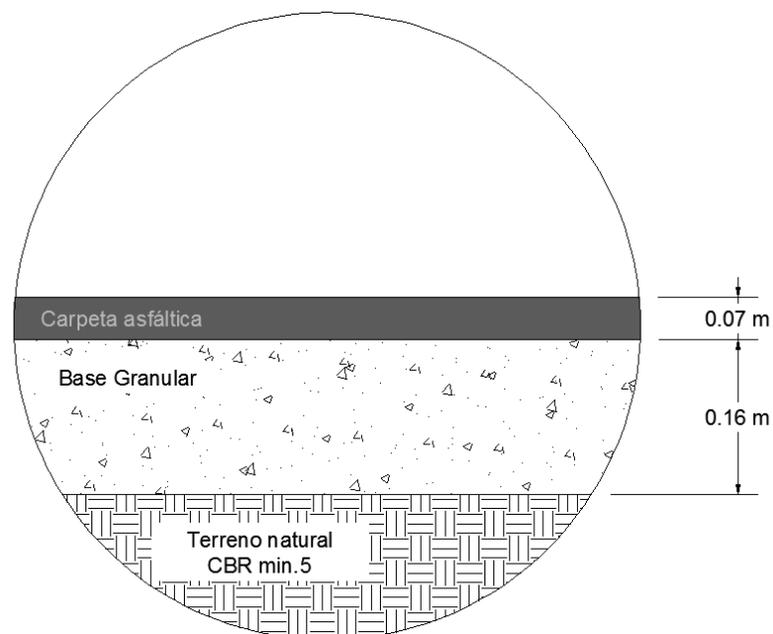


Figura 24. Estructura de pavimento modelo para vías primarias

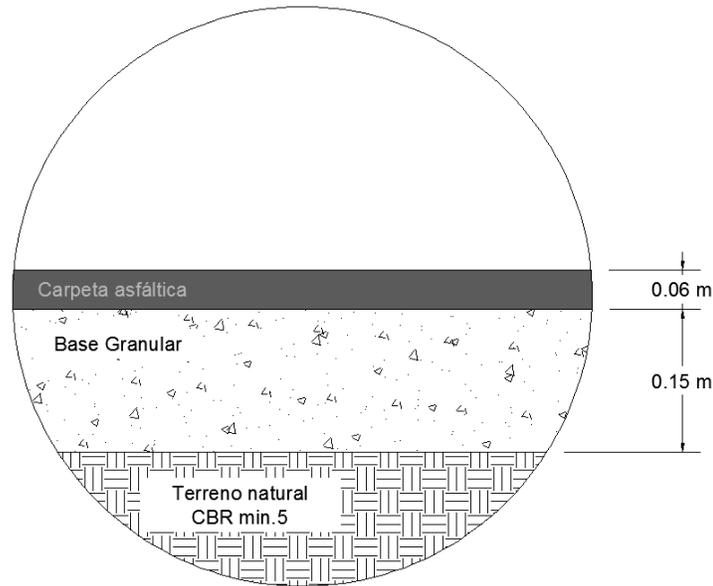


Figura 25. Estructura de pavimento modelo para vías terciarias

8 CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES

Las obras de infraestructura vial al estar al servicio permanente de los usuarios (vehículos, transporte público, camiones de carga, peatones, entre otros) constituyen elementos que sufren un desgaste constante con el paso de los años. El concepto de curva de deterioro relaciona la capacidad funcional y estructural de un elemento determinado con relación a la edad del mismo; las vías en general (por ende las pavimentadas incluidas) y los puentes no son ajenos a estos procesos de deterioro progresivo con el paso del tiempo.

A partir de indicadores visibles y medibles es posible establecer ventanas de operación y de condición para estos elementos viales, de tal manera que se pueden establecer límites por sobre los cuales se considera que un elemento está en una condición determinada (bueno, regular, malo, etc.).

Para el caso de los pavimentos el comportamiento es el mostrado en la Figura 26, donde se puede ver que el deterioro es progresivo, siendo que a partir del cambio de condición de Muy Bueno a Bueno el deterioro de los pavimentos es acelerado, pasando en pocos años hacia condiciones de Malo o Muy Malo.



Figura 26. Curva de deterioro para pavimentos (vida útil 20 años)

Fuente: Adaptado de Salomón, D. 2008

A partir del concepto de curva de deterioro es posible valorar económicamente un pavimento; un alto valor de PCI (Índice de condición de pavimento) indicará que el pavimento está más cerca de la condición ideal y por lo tanto de su máximo valor teórico, un pavimento con un bajo PCI indicará un activo vial de menor valor patrimonial. Este concepto es en el que se fundamenta la estimación de valor patrimonial tanto de pavimentos como de puentes.

En el caso de los puentes, el deterioro que sufren los mismos es distinto al de los pavimentos, según Lidon (2014) para el caso de los puentes la curva de deterioro es más constante con paso del tiempo, teniéndose un periodo en el cual el puente mantiene sus condiciones ideales y posteriormente el deterioro se vuelve progresivo. El hecho de que un puente sea un conjunto de componentes individuales dificulta una valoración única de comportamiento como se tiene el caso de los pavimentos, por lo que las curvas de deterioro de puentes varían considerablemente si se trata de estructuras de acero o de concreto. El período de vida útil mínimo que se espera de un puente es de 50 años, por lo que la curva de deterioro se ha limitado a esta edad, como se aprecia en la Figura 27.



Figura 27. Curva de deterioro para puentes (vida útil 50 años)

Fuente: Adaptado de Lidon, M. 2014

9 ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL

Hasta este punto se ha colectado la información mínima necesaria para poder realizar una estimación del valor patrimonial de los activos contenidos en el derecho de vía dentro de la red del distrito de Vara Blanca (exceptuando los sistemas pluviales y de manejo de aguas residuales que puedan existir). Se ha hecho una aproximación a las estructuras de pavimento que son requeridas para que en un período de 10 años se logren mantener niveles aceptables de regularidad y capacidad de soporte; evidentemente podría haber diferencias con las estructuras reales en cuanto a los espesores de los materiales por lo que el valor estimado debe considerarse como un máximo. Por medio del cálculo de PCI en cada vía es posible aproximar la condición de las estructuras reales en relación a las modelo, de tal forma que se reduzca de forma considerable el error asociado a la estimación.

En cuanto a los puentes, el valor estimado se considera representativo por la calidad de la información disponible (costos directos de un proyecto similar actualizado) y por la



semejanza entre los puentes. De esta manera el valor estimado para los puentes se considera adecuado y con poco error asociado.

No se ha realizado el inventario de aceras y cordones de caño presentes en la red vial de Varablanca, esto a causa de la dificultad de acceso para el equipo en algunas de las vías. Sin embargo, durante los recorridos fue posible observar que estos elementos no son muy comunes por lo que no tomarlos en cuenta no representa un desvío importante al valor patrimonial.

A partir de estas consideraciones sobre la metodología utilizada en cada caso, en el Cuadro 10 se presenta la estimación económica del valor patrimonial del pavimento, en el Cuadro 11 de los puentes para finalmente mostrar un resumen del valor patrimonial vial total del distrito de Vara Blanca en el Cuadro 12 y la distribución de la composición del patrimonio vial estimado en la Figura 28.

Cuadro 10. Estimación de valor patrimonial componente pavimento

Tramo	Código Camino	Jerarquía TPD	TPD	PCI Prom.	Tipo Vía	Estructuras					Valor Patrimonial
						Base (cm)	Carpeta (cm)	Relleno (m)	Lastre (cm)	TS3 (cm)	
1	401198	Terciaria	137	37,92	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢38.508.725,57
2	Sin código	Terciaria	103	79,10	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢18.734.167,41
3	401201	Terciaria	137	19,01	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢9.433.636,34
4	401202	Terciaria	137	0,00	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢20.951.261,44
5	401195	Terciaria	137	19,01	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢2.009.948,56
6	401003	Primaria	322	22,46	Asfalto	17	8,5	0	0	0	¢45.740.925,79
7	401197	Terciaria	103	0,00	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢26.855.730,66
8-1	401200	Terciaria	103	0,00	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢21.229.134,57
8-2	401200	Terciaria	103	-	TS	15	0	0	0	2	¢88.653.056,46
8-3	401200	Terciaria	103	-	Lastre	15	0	1,2	20	0	¢229.832.704,61
8-4	401200	Terciaria	103	-	Lastre	15	0	1,2	20	0	¢51.579.973,70
8-5	401200	Terciaria	103	-	Lastre	15	0	1,2	20	0	¢43.013.575,27
9	401051	Terciaria	103	0,00	Asfalto	15	6,5	0	0	0	¢62.574.280,33
10	401199	Terciaria	103	-	Lastre	15	0	1,2	20	0	¢35.735.950,59

Cuadro 11. Estimación de valor patrimonial componente puentes

Puente		Condición según diagnóstico	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Valor estimado (¢)
1	Rio San Fernando	Satisfactoria	22,8	9,6	218,9	¢193.800.000,00
2	Quebrada Arrayanes	Satisfactoria	17,9	6,5	116,4	¢152.000.000,00
3	Rio Santo Domingo	Seria	8	3,9	31,2	¢16.216.200,00
4	Rio San Rafael	Satisfactoria	22,5	6,85	154,1	¢165.000.000,00
5	Afluente Rio Sarapiquí	Seria	9,15	4,4	40,3	¢26.571.600,00
6	Rio Sarapiquí	Seria	16	4,84	77,4	¢51.110.400,00
7	Brazo Rio Sarapiquí	Seria	9,3	5,16	48,0	¢31.672.080,00

Cuadro 12. Estimación de valor patrimonial total

Componente	Valor Patrimonial (¢)
Vías	¢694.853.071,31
Puentes vehiculares	¢636.370.280,00
Total	¢1.331.223.351,31
Total	\$2.335.479,56

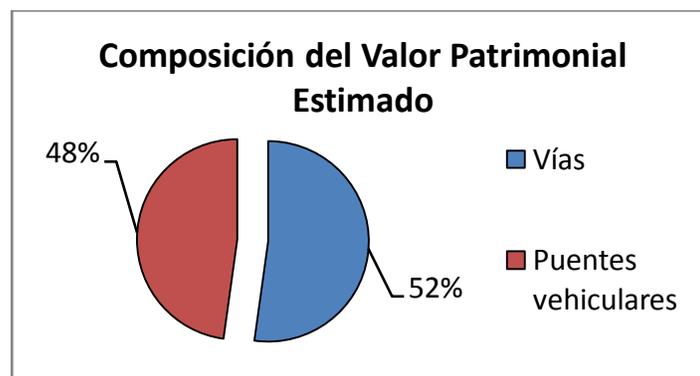


Figura 28. Composición del valor patrimonial estimado en el distrito de Vara Blanca



10 CONCLUSIONES

- El valor patrimonial estimado para los activos viales en el distrito de Vara Blanca es de **₡1.331.223.351,31** considerando la incorporación de los componentes: pavimento y puentes. No se ha estimado el valor patrimonial de los componentes acera, cordones de caño y señales ante la dificultad de acceso al equipo Geo3D. No se incluye en este monto el valor de otros posibles componentes como tuberías de aguas pluviales y alcantarillados.
- Aproximadamente un 52% del valor patrimonial corresponde a las vías pavimentadas y un 48% a los puentes vehiculares.
- La mayoría de la red vial muestra comportamientos desfavorables, reflejados en bajos valores de PCI. Particularmente los valores de deflectometría muestran que la red pavimentada tiene una respuesta estructural deficiente (21%) o muy deficiente (50%), lo cual se presenta principalmente por los bajos espesores de los componentes de la estructura y la condición de los suelos.
- Para el caso de las vías en lastre (no pavimentadas) se realizaron ensayos de medición de la condición superficial por medio del Rugosímetro III, mostrando condiciones en su mayoría entre malas y muy malas. Adicionalmente se realizaron ensayos de capacidad de soporte de suelo en estas vías, obteniéndose valores de soporte pobres. Sin embargo, por la longitud de estas vías y los espesores de material presente estas vías representan un porcentaje importante del componente vías.
- A través de la utilización de herramientas de diagnóstico no invasivas es posible conocer la condición tanto a nivel funcional como a nivel estructural de los pavimentos y los puentes. Así como hacer inventarios viales de forma sencilla y automatizada en lo relativo al trabajo de campo.
- Se propone una clasificación interna basada en los patrones de tránsito y conteos vehiculares medidos en sitio que es distinta a la clasificación establecida por la Municipalidad en sus códigos de camino. Si bien los resultados se presentan en



relación a estos códigos, debe considerarse la segmentación a partir de conteos y resultados de los ensayos para planificación de intervenciones locales que sean más efectivas.

- En el caso de los puentes, se inspeccionaron siete estructuras encontrándose tres puentes en condición satisfactoria que fueron construidos en años recientes y mantienen propiedades muy favorables. Por otra parte, los cuatro puentes restantes inspeccionados muestran condiciones serias de conservación lo cual justifica intervenciones mayores para brindar a la población seguridad y continuidad en las vías.
- Los resultados obtenidos en este informe complementados con los archivos en formato digital adjuntos constituyen un diagnóstico vial completo de las vías en este distrito.
- Las estructuras de pavimento modelo propuestas sirven además de guía hacia futuras intervenciones en la red vial de Vara Blanca.
- Se recomienda realizar verificaciones periódicas de condición mediante muestreos de PCI en el caso de pavimentos y mediante inspecciones visuales a puentes para validar las curvas de deterioro teóricas utilizadas.

-----UL-----



11 REFERENCIAS

- Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR
- ASTM D-6433-11, Standard practices for roads and parking lots Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Pennsylvania, USA.
- Consejo Nacional de Vialidad. (2014). Licitación Pública 2014CD-000140-0CV00. San José, Costa Rica.
- Hass, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1993). Modern Pavement Management. R.E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Informe LM-PI-UP-05-2015, Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes. Unidad de Puentes, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Noviembre, 2015.
- Informe LM-PI-PM-04-09, Informe de Avance: Desarrollo de un sistema para la conservación vial en la municipalidad de La Unión. Proyecto Municipal, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Agosto, 2009.
- Lidon, M. (2014). Modelos de deterioro de infraestructura de transporte: Puentes y pavimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- López Ramírez, Sharline. Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de Belén, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica – San José, Costa Rica. Febrero, 2009.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual para Inspección de Puentes del MOPT. San José.



- Proyecto N° UI-PC-04-08, Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Noviembre, 2008.
- Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIVI), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Agosto, 2008.
- Salomón, D. (2008). Conservación de Pavimentos: Conservando la inversión del patrimonio vial.



12 ANEXOS

Tabla datos de tramos

Tramo	Código Camino	Jerarquía Municipalidad	Jerarquía TPD	TPD	PCI Promedio	Longitud (m)	Ancho (m)	Tipo Vía
1	401198	Terciaria	Terciaria	137	37,92	1244,86	6,5	Asfalto
2	Sin codigo	No Clasificada	Terciaria	103	79,10	419,31	4,5	Asfalto
3	401201	Terciaria	Terciaria	137	19,01	1098,46	3,6	Asfalto
4	401202	Terciaria	Terciaria	137	0,00	927,36	5,4	Asfalto
5	401195	Terciaria	Terciaria	137	19,01	165,21	5,1	Asfalto
6	401003	Primaria	Primaria	322	22,46	2719,98	4,7	Asfalto
7	401197	No Clasificada	Terciaria	103	0,00	1458,87	4,4	Asfalto
8-1	401200	No Clasificada	Terciaria	103	0,00	1208,14	4,2	Asfalto
8-2	401200	No Clasificada	Terciaria	103	-	3409,04	4,2	TS
8-3	401200	No Clasificada	Terciaria	103	-	9602,55	4,2	Lastre
8-4	401200	No Clasificada	Terciaria	103	-	2155,04	4,2	Lastre
8-5	401200	No Clasificada	Terciaria	103	-	1797,13	4,2	Lastre
9	401051	No Clasificada	Terciaria	103	0,00	3399,20	4,4	Asfalto
10	401199	No Clasificada	Terciaria	103	-	1229,59	5,1	Lastre

Tramo	Estructuras					Volumenes					Valor Patrimonial
	Base (cm)	Carpeta (cm)	Relleno (m)	Lastre (cm)	TS3 (cm)	Base (m3)	Carpeta (t)	Relleno (m3)	Lastre (m3)	TS3 (m2)	
1	15	6,5	0	0	0	1214	1262	0	0	0	₡38.508.725,57
2	15	6,5	0	0	0	283	294	0	0	0	₡18.734.167,41
3	15	6,5	0	0	0	593	617	0	0	0	₡9.433.636,34
4	15	6,5	0	0	0	751	781	0	0	0	₡20.951.261,44
5	15	6,5	0	0	0	126	131	0	0	0	₡2.009.948,56
6	17	8,5	0	0	0	2173	2608	0	0	0	₡45.740.925,79
7	15	6,5	0	0	0	963	1001	0	0	0	₡26.855.730,66
8-1	15	6,5	0	0	0	761	792	0	0	0	₡21.229.134,57
8-2	15	0	0	0	2	2148	0	0	0	14318	88.653.056,46
8-3	15	0	1,2	20	0	6050	0	484	8066	0	229.832.704,61
8-4	15	0	1,2	20	0	1358	0	109	1810	0	51.579.973,70
8-5	15	0	1,2	20	0	1132	0	91	1510	0	43.013.575,27
9	15	6,5	0	0	0	2243	2333	0	0	0	₡62.574.280,33
10	15	0	1,2	20	0	941	0	75	1254	0	35.735.950,59
Total:											₡694.853.071,31



Estructuras de precios unitarios

304(4) BASE AGREGADOS TRITURADOS					
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	3	1.661,64	11	54.834,00
	Topografía	1	3.848,00	11	42.328,00
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00
	Operador 3	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	6	3.498,18	11	230.880,00
	Viaticos		363,79	77	28.011,98
				356.053,98	
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compresor 185	0	120.012,38	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	8.539,41	0	0,00
	Tractor D8T	1	43.667,66	10	436.676,58
	Excavadora (pala) 330CL ME	0	76.653,28	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685SX	1	81.390,85	10	813.908,47
		4	35.914,68	10	1.436.587,15
				2.687.172,20	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	*****	700	1.770,00	1	1.239.000,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				1.239.000,00	
Subtotal		4.282.226,19			
Produccion		650,00			
Costo		6.588,04			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	3	1.661,64	11	54.834,00
	Topografía	1	3.848,00	11	42.328,00
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00
	Operador 3	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	4	3.498,18	11	153.920,00
	Viaticos		363,79	55	20.008,56
				271.090,56	
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cargador 980H	1	48.747,61	10	487.478,06
	Quebrador 30X42 (primario)	1	60.006,57	10	600.065,66
	Triturador De Finos B8100 (secundario)	1	41.535,83	10	415.358,28
	Combeyber (faja 30 X 14 Mts)	1	90.431,04	8	723.448,31
	Criba	1	4.588,42	10	45.884,15
	Generador eléctrico 20 kW	1	13.771,15	10	137.711,53
	Barmac	1	7.459,81	10	74.598,08
		0	45.937,35	0	0,00
					2.484.542,07
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	*****	0	1.770,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		2.755.632,63			
Produccion		650,00			
Costo		4.239,43			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	4	1.661,64	10	66.465,45
	Topografía	1	3.848,00	10	38.480,00
	Operador 3	3	2.063,93	10	61.917,82
	Operador 3	0	3.498,18	10	0,00
	Operador 2	16	3.148,36	10	503.738,18
	Viaticos		363,79	200	72.758,40
				743.359,85	
Equipo	Tanque Almacenamiento De Agua	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compactador Vibratorio CS-533E	3	10.014,47	11	330.477,65
	Recuperadora RM350	2	17.816,48	4	142.531,81
	Niveladora 140H	0	88.442,55	0	0,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	1	40.528,30	4	162.113,20
	10	23.669,91	8	1.893.592,89	
				2.528.715,55	
Materiales	Extracción	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Trituración	650	6.588,04	1	4.282.226,19
	*****	650	4.239,43	1	2.755.632,63
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				7.037.858,82	
Subtotal		10.309.934,23			
Produccion		700,00			
Costo		14.728,48			
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	736,42			
Imprevisto	5%	736,42			
Administracion oficina central	5%	736,42			
Utilidad	10,0%	1.472,85			
		e/m3	18.410,60		
Costo Fijo				20,00%	
Repuestos				14,32%	
Combustible				17,97%	
Lubricantes				4,36%	
Llantas				3,10%	
Mano de Obra				10,63%	
Materiales				9,61%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
				Total	100%



403(1) PAVIMENTO BITUMINOSO EN CALIENTE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 19.10 MM				Tipo de cambio	1,00
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	2	1.661,64	10	33.232,73
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	5	3.498,18	10	174.909,09
	Viaticos		363,79	60	21.827,52
					268.449,34
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	120.012,38	0	0,00
	Compresor 185	0	8.539,41	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	43.667,66	10	0,00
	Tractor D8T	0	76.653,28	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	81.390,85	10	813.908,47
	Vagoneta-roquera R685SX	4	35.914,68	10	1.436.587,15
					2.250.495,62
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	550	1.770,00	1	973.500,00
	Dinamita	0	590,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					973.500,00
Subtotal		3.492.444,96			
Produccion		550,00			
Costo		6.349,90			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.661,64	10	49.849,09
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	4	3.498,18	10	139.927,27
	Viaticos		363,79	50	18.189,60
					246.445,96
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	48.747,61	10	487.476,06
	Cargador 980H	1	60.006,57	10	600.065,66
	Quebrador 30X42 (primario)	1	41.535,83	10	415.358,28
	Triturador De Finos B8100 (secund:	1	90.431,04	10	904.310,38
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.588,42	10	183.536,61
	Criba	1	13.771,15	10	137.711,53
	Generador eléctrico 250 kW	1	59.953,49	10	599.534,92
Barmac	1	45.937,35	10	459.373,47	
					3.787.366,91
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		4.033.812,87			
Produccion		450,00			
Costo		8.964,03			



PRODUCCION DE LA MEZCLA					
		Cantidad	Costo (€)	Horas	Costo total (€)
Mano de Obra	Peon	2	1.661,64	10	33.232,73
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 2	2	2.167,12	10	43.342,47
	Operador 2	3	3.148,36	10	94.450,91
	Viaticos		363,79	60	21.827,52
Equipo		Cantidad	Costo (€)	Horas	Costo total (€)
	Generador eléctrico 1000 kW	1	203.569,98	10	2.035.699,81
	Cargador 966H	1	48.747,61	10	487.476,06
	Planta De Asfalto RM-40 A	1	119.807,93	10	1.198.079,27
	Back Hoe 416 E	1	23.896,67	10	238.966,68
	Diesel caldera	1	348,00	450	156.600,00
	Diesel planta electrica	1	348,00	450	156.600,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	2	23.669,91	8	378.718,58
Materiales		Cantidad	Costo (€)	Horas	Costo total (€)
	Canon	450	1.770,00	1	796.500,00
	AC 30 (Cemento asfáltico)	450	270,00	27	3.280.500,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					4.077.000,00
Subtotal		8.960.474,03			
Produccion		450,00			
Costo		19.912,16			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra	Peon	4	1.661,64	10	66.465,45
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	3	2.063,93	10	61.917,82
	Operador 2	3	3.148,36	10	94.450,91
	Operador 3	7	3.498,18	10	244.872,73
	Viaticos		363,79	140	50.930,88
Equipo		Cantidad	Costo (€)	Horas	Costo total (€)
	Tanque Almacenamiento De Agua	1	10.014,47	10	100.144,74
	Compactadora 2 Boillos CB-534C	2	11.767,22	10	235.344,43
	Compactador (Llantas De Hule) C	2	18.239,99	10	364.799,82
	Distribuidor De Asfalto F75	1	21.765,86	10	217.658,63
	Finisher AP-1050	1	93.609,92	10	936.099,20
	Vagoneta CV713 GRANITE	5	23.669,91	10	1.183.495,56
					3.037.542,38
Materiales		Cantidad	Costo (€)	Horas	Costo total (€)
	Extracción	550	6.349,90	1	3.492.444,96
	Trituración	450	8.964,03	1	4.033.812,87
	Producción de la mezcla	450	19.912,16	1	8.960.474,03
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					16.486.731,86
Subtotal		20.081.392,03			
Produccion		400,00			
Costo		50.203,48			
Factor produccion					
Administracion del proyecto	5%	2.510,17			
Imprevisto	5%	2.510,17			
Administracion oficina central	5%	2.510,17			
Utilidad	10,0%	5.020,35			
	€/ton	62.754,35			
Costo Fijo		17,30%			
Repuestos		13,46%			
Combustible		18,05%			
Lubricantes		3,10%			
Llantas		1,53%			
Mano de Obra		5,19%			
Materiales		20,12%			
Administración		8,00%			
Imprevisto		4,00%			
Utilidad		8,00%			
		Total			100,00%



252(1) PEDRAPLEN PARA FUNDACIÓN					
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		1	1.661,64	8	13.293,09
	Encargado	1	3.848,00	4	15.392,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	2	3.148,36	8	50.373,82
	Viaticos		363,79	20	7.275,84
				86.334,75	
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		0	120.012,38	0	0,00
	Compresor 185	0	8.539,41	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL M	1	81.390,85	8	651.126,78
	Tractor D&T	0	76.653,28	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL M	0	81.390,85	0	0,00
Vagoneta-roquera R685SX	2	35.914,68	8	574.634,86	
				1.225.761,64	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		900	1.770,00		1.593.000,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				1.593.000,00	
Subtotal		2.905.096,38			
Produccion		850,00			
Costo		3.417,76			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		2	1.661,64	8	26.586,18
	Encargado	1	3.848,00	2	7.696,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	2	3.148,36	8	50.373,82
	Viaticos		363,79	18	6.548,26
				91.204,26	
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		0	48.747,61	0	0,00
	Cargador 980H	1	60.006,57	8	480.052,53
	Quebrador 30X42 (primario)	0	41.535,83	0	0,00
	Triturador De Finos B8100 (s	0	90.431,04	0	0,00
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	4.588,42	8	36.707,32
	Criba	1	13.771,15	8	110.169,23
	Generador eléctrico 20 kW	1	7.459,81	8	59.678,46
Barmac	0	45.937,35	0	0,00	
				686.607,54	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		0	1.770,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		777.811,80			
Produccion		750,00			
Costo		1.037,08			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		8	1.661,64	8	106.344,73
	Encargado	1	3.848,00	4	15.392,00
	Topografía	2	2.063,93	8	33.022,84
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	10	3.148,36	10	314.836,36
	Viaticos		363,79	120	43.655,04
				513.250,97	
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		1	48.747,61	10	487.476,06
	Excavadora (pala) 322 CL	2	43.667,66	10	873.353,17
	Compactador Vibratorio CS-	1	17.816,48	10	178.164,76
	Back Hoe 416 E	0	23.896,67	0	0,00
Vagoneta CV713 GRANITE	6	23.669,91	10	1.420.194,67	
				2.959.188,66	
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		675	3.417,76	1	2.306.988,31
	Trituración	675	1.037,08	1	700.030,62
	Geotextil subdrenaje	450	454,30	1	204.435,00
	*****	0	0,00	0	0,00
*****	0	0,00	0	0,00	
				3.211.453,92	
Subtotal		6.683.893,55			
Produccion		675,00			
Costo		9.902,06			
Factor produccion	0,85				
Administracion del proyecto	5%	495,10			
Imprevisto	5%	495,10			
Administracion oficina central	5%	495,10			
Utilidad	10,0%	990,21			
	¢/m3	12.377,58			
				Costo Fijo	17,04%
				Repuestos	10,68%
				Combustible	19,00%
				Lubricantes	5,07%
				Llantas	2,67%
				Mano de Obra	7,95%
				Materiales	17,59%
				Administración	8,00%
				Imprevisto	4,00%
				Utilidad	8,00%
				Total	100%



312(01) LASTRADO					
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	3	3.498,18	10	104.945,45
	Viaticos		363,79	40	14.551,68
					207.828,23
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compresor 185	0	120.012,38	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	8.539,41	0	0,00
	Tractor D8T	1	81.390,85	10	813.908,47
	Excavadora (pala) 330CL ME	0	76.653,28	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	0	81.390,85	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685SX	3	35.914,68	10	1.077.440,36
				1.891.348,83	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Dinamita	800	1.770,00	1	1.416.000,00
	Varilla refuerzo grado 40	0	590,00	0	0,00
	*****	1	519,20	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				1.416.000,00	
Subtotal		3.515.175,06			
Produccion		800,00			
Costo		4.393,97			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	1	1.661,64	10	49.849,09
	Topografía	0	3.848,00	5	19.240,00
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00
	Operador 3	3	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	3	3.498,18	10	104.945,45
	Viaticos		363,79	35	12.732,72
				188.767,27	
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cargador 980H	1	48.747,61	10	487.476,06
	Quebrador 30X42 (primario)	1	60.006,57	10	600.065,66
	Tritrador De Finos B8100 (secundario)	1	41.535,83	10	415.358,28
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	90.431,04	5	452.155,19
	Criba	1	4.588,42	10	45.884,15
	Generador eléctrico 20 kW	1	13.771,15	10	137.711,53
	Barmac	1	7.459,81	5	37.299,04
		0	45.937,35	0	0,00
					2.175.949,92
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	*****	0	1.770,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		2.362.717,18			
Produccion		800,00			
Costo		2.953,40			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	1	1.661,64	8	26.586,18
	Topografía	1	3.848,00	8	30.784,00
	Operario 1	1	2.063,93	5	10.319,64
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	10	3.498,18	10	349.818,18
	Viaticos		363,79	113	41.108,50
				458.616,50	
Equipo	Tanque Almacenamiento De Agua	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compactador Vibratorio CS-533E	1	10.014,47	8	80.115,79
	Recuperadora RM350	2	17.816,48	8	285.063,62
	Niveladora 140H	0	88.442,55	0	0,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	1	40.528,30	8	324.226,41
		6	23.669,91	8	1.136.155,73
				1.825.561,56	
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Trituración	600	4.393,97	1	2.636.381,29
	*****	600	2.953,40	1	1.772.037,89
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
	*****	0	0,00	0	0,00
				4.408.419,18	
Subtotal		6.692.597,24			
Produccion		600,00			
Costo		11.154,33			
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	557,72			
Imprevisto	5%	557,72			
Administracion oficina central	5%	557,72			
Utilidad	10,0%	1.115,43			
		₡/m3	13.942,91		
Costo Fijo				19,57%	
Repuestos				13,08%	
Combustible				18,43%	
Lubricantes				4,30%	
Llantas				2,90%	
Mano de Obra				9,02%	
Materiales				12,69%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
				Total	100%



406(3) TRATAMIENTO SUPERFICIAL TS-3				Tipo de cambio	1,00
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.661,64	10	49.849,09
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	3	3.498,18	10	104.945,45
	Viaticos		363,79	40	14.551,68
					207.826,23
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	120.012,38	0	0,00
	Compresor 185	0	8.539,41	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	1	43.667,66	0	0,00
	Tractor D8T	0	76.653,28	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	0	81.390,85	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685SX	2	35.914,68	0	0,00
					0,00
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	1.200	1.770,00	1	2.124.000,00
	Dinamita	0	590,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					2.124.000,00
Subtotal		2.331.826,23			
Produccion		300,00			
Costo		7.772,75			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	2	1.661,64	8	26.586,18
	Encargado	1	3.848,00	8	30.784,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	2	3.498,18	8	55.970,91
	Viaticos		363,79	24	8.731,01
					122.072,10
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	48.747,61	8	389.980,85
	Cargador 980H	0	60.006,57	0	0,00
	Quebrador 30X42 (primario)	1	41.535,83	10	415.358,28
	Triturador De Finos B8100 (secund:	1	90.431,04	10	904.310,38
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.588,42	10	183.536,61
	Criba	1	13.771,15	10	137.711,53
	Generador eléctrico 250 kW	1	59.953,49	10	599.534,92
Barmac	0	45.937,35	0	0,00	
					2.630.432,57
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		2.752.504,67			
Produccion		250,00			
Costo		11.010,02			



PRODUCCION DE LA MEZCLA					
		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Mano de Obra	Peon	0	1.661,64	10	0,00
	Encargado	0	3.848,00	10	0,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 2	0	2.167,12	10	0,00
	Operador 2	0	3.148,36	10	0,00
	Viaticos		363,79	0	0,00
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Generador eléctrico 20 kW	0	7.459,81	9	0,00
	Cargador 966H	0	48.747,61	9	0,00
	Planta De Asfalto RM-40 A	0	119.807,93	9	0,00
	Diesel caldera	0	0,00	10	0,00
	Diesel planta electrica	0	0,00	420	0,00
	Diesel planta electrica	0	0,00	420	0,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	0	23.669,91	8	0,00
					0,00
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Canon	0	1.770,00	1	0,00
	Cemento Portland Ton	0	110.000,00	1	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		0,00			
Produccion		520,00			
Costo		0,00			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Peon	5	1.661,64	8	66.465,45
	Encargado	1	3.848,00	6	23.088,00
	Topografía	2	2.063,93	4	16.511,42
	Operario 1	9	1.960,73	8	141.172,63
	Operador 3	2	3.498,18	8	55.970,91
	Viaticos		363,79	102	37.106,78
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Tanque Almacenamiento De Agua	1	10.014,47	8	80.115,79
	Compactador (Llantas De Hule) C	2	18.239,99	8	291.839,86
	Vagoneta CV713 GRANITE	5	23.669,91	8	946.796,45
	Distribuidor De Asfalto F75	1	21.765,86	10	217.658,63
	Distribuidor-agregados BDF541	1	32.953,04	8	263.624,33
	Barredora RC-350	1	14.890,66	8	119.125,25
					1.919.160,31
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Extraccion	160	7.772,75	1	1.243.640,65
	Trituración	160	11.010,02	1	1.761.602,99
		0	0,00	0	0,00
	Emulsión	32.000	350,00	1	11.200.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					14.205.243,64
Subtotal		16.464.719,14			
Produccion		6.000,00			
Costo		2.744,12			
Factor produccion	0,9				
Administracion del proyecto	5%	137,21			
Imprevisto	5%	137,21			
Administracion oficina central	5%	137,21			
Utilidad	10,0%	274,41			
		¢/m2	3.430,15		
Costo Fijo				6,00%	
Repuestos				4,66%	
Combustible				5,42%	
Lubricantes				0,84%	
Llantas				0,58%	
Mano de Obra				2,57%	
Materiales				59,92%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
Total				100%	



Memorias de cálculo pavimentos

HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Vara Blanca		
UBICACIÓN PROYECTO	Vara Blanca (CALLES PRIMARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
Paso 1 Cálculo del SN			
Parámetros de entrada			
Ejes equivalentes	W_{18}	62873,46	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confianza	R	80%	De Tabla 2.2 Sección 2.1.3 (Pag II-9) o recomendación MOPT
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10)
Índice de servicio al final	p_t	2,5	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10) o recomendación MOPT
Desviación normal estándar	Z_R	-0,841621234	De acuerdo con tabla 4.1 Sección 4.2.3 (Pag I-62)
Desviación estándar general	S_0	0,45	De acuerdo con Sección 2.1.3 (Pag II-9 y II-10)
Módulo de resiliencia de la subrasante	M_{reff}	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas μ_f
Módulo de resiliencia de la base	E_{BS}	28000,00 psi	De memoria de cálculo de E_B o nomograma en Fig 2.6 (Pag II-19)
Módulo de resiliencia de la subbase	E_{SB}	14500,00 psi	De memoria de cálculo de E_{SB} o nomograma en Fig 2.7 (Pag II-21)
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000324446	
Cálculo de SN requerido		2,035	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0



Paso 2 Diseño de espesores de capa				
	$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$	(3)	$SN^*_2 = a_2 m_2 D^*_2$	(6)
			$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$	(7)
$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$	(2)	$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$	(4)	
	$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$	(5)	$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$	(8)
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_B) - 8.07$ (9)				
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_2 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_{SB}) - 8.07$ (10)				
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_3 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$ (11)				
Valor de precisión solver al igualar a 0	0,000179087			
Cálculo de SN1 (CARPETA)	1,165		De (9)	
a1	0,440		De nomograma	
D1 min de ec (4)	2,648"		6,73 cm	
D1* (utilizado)	2,756"		7,0 cm	CARPETA ASFÁLTICA Ok
SN1* de ec (5)	1,213			
Valor de precisión solver al igualar a 0	0,667866611			
Cálculo de SN2 (BASE)	2,035		De (10)	
a2	0,135		Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)	
m2	1,00		De Tabla 2.4 (Pag II-25)	
D2 min de ec (6)	6,092"		15,47 cm	
D2* (utilizado)	6,299"		16 cm	BASE GRANULAR Ok
SN2* de ec (7)	0,850			



HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Vara Blanca		
UBICACIÓN PROYECTO	Vara Blanca (CALLES TERCARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
Paso 1 Cálculo del SN			
<u>Parámetros de entrada</u>			
Ejes equivalentes	W_{18}	24920,41	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiability	R	70%	De Tabla 2.2 Sección 2.1.3 (Pag II-9) o recomendación MOPT
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10)
Índice de servicio al final	p_t	2,5	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10) o recomendación MOPT
Desviación normal estándar	Z_R	-0,524400513	De acuerdo con tabla 4.1 Sección 4.2.3 (Pag I-62)
Desviación estándar general	S_0	0,45	De acuerdo con Sección 2.1.3 (Pag II-9 y II-10)
Módulo de resiliencia de la subrasante	M_{reff}	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas μf
Módulo de resiliencia de la base	E_{BS}	28000,00 psi	De memoria de cálculo de E_B o nomograma en Fig 2.6 (Pag II-19)
Módulo de resiliencia de la subbase	E_{SB}	14500,00 psi	De memoria de cálculo de E_{SB} o nomograma en Fig 2.7 (Pag II-21)
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		6,89417E-05	
Cálculo de SN requerido		1,638	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0

