



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  
CENTRAL DE HEREDIA:

ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL  
PATRIMONIO VIAL

LM-PI-GM-INF-11-17

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 CENTRAL - HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

**Quesada-Campos Josué<sup>1</sup>, Xu-Ye Lilly<sup>2</sup>**

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 Central de Heredia, donde se identificaron un total de 60 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).

Adicionalmente se inspeccionó una estructura de puente e inventariado por medio del equipo Geo3D las aceras y cordones de caño existentes.

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 ₡11.454.897.332,84

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 CENTRAL DISTRICT - HEREDIA: ROAD ASSETS VALUE ESTIMATION

**Quesada-Campos Josué<sup>1</sup>, Xu-Ye Lilly<sup>2</sup>**

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 Central district of Heredia Town, 60 analysis sections were identified and studied by field essays: Deflectometry, IRI (International regularity index), vehicular counts, Pavement Condition Index (PCI).

Furthermore 1 vehicular bridge were inspected, ditches and sidewalks were inventoried by using a Geo3D device.

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 ₡11.454.897.332,84

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 Central de Heredia: Estimación del valor del patrimonio vial*. San José: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-GM-INF-11-17

## **DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL**

Preparado por:  
Unidad de Gestión Municipal  
LanammeUCR

San José, Costa Rica  
Noviembre, 2017



<b>1. Informe</b> LM-PI-GM-INF-11-17		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL		<b>4. Fecha del Informe:</b> Noviembre, 2017
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> <i>El presente informe contiene el análisis de aproximadamente 41 km de la red vial del distrito Central de Heredia, donde se identificaron un total de 60 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). Adicionalmente se inspeccionó una estructura de puente e inventariado por medio del equipo Geo3D las aceras y cordones de caño existentes. 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 ₡11.454.897.332,84 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>		
<b>10. Palabras clave</b> PITRA, Evaluación, Red vial cantonal, Heredia, Valor Patrimonial	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 77
<b>13. Preparado por:</b>  Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng. Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 5/12/17		<b>15. Colaboradores</b>  Ing. Lily Xu Ye Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 5/12/17
<b>15. Colaboradores</b>  Ing. Christian Valverde C. Unidad Evaluación Red Vial Nacional		
<b>15. Revisado por:</b> Lic. Carlos Campos Cruz Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 05/12/17	<b>16. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: 5/12/17	<b>17. Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD. Coordinador General PITRA  Fecha: 5/12/17



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL</b> .....	<b>6</b>
3.1	IMPORTANCIA.....	6
3.2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS (SAP) .....	7
3.3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL MUNICIPAL .....	10
<b>4</b>	<b>ESQUEMA METODOLÓGICO</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DEL DISTRITO DE HEREDIA CENTRO</b> .....	<b>12</b>
5.1	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) .....	13
5.2	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA RED VIAL.....	16
5.3	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	19
5.4	CONDICIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA.....	23
5.5	TRAMOS HOMOGÉNEOS PROPUESTOS .....	27
5.6	EVALUACIÓN POR MEDIO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) .....	29
5.7	INVENTARIO DE ACERAS, CORDONES DE CAÑO Y SEÑALES DE TRÁNSITO .....	32
5.8	EVALUACIÓN DE PUENTES.....	34
<b>6</b>	<b>ESTIMACIÓN DE COSTOS</b> .....	<b>36</b>
6.1	COSTO DE MATERIALES PARA CAMINOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO .....	37
6.2	COSTO DE PUENTES VEHICULARES.....	39
<b>7</b>	<b>ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES</b> .....	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL</b> .....	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Informe LM-PI-GM-INF-11-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 3 de 75
----------------------------	-----------------------------------	----------------



<b>CUADRO 1.</b> CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL .....	20
<b>CUADRO 2.</b> CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI). .....	30
<b>CUADRO 3.</b> INVENTARIO DE ACERAS Y CORDONES DE CAÑO.....	32
<b>CUADRO 4.</b> INVENTARIO DE SEÑALES VIALES HORIZONTALES.....	33
<b>CUADRO 5.</b> INVENTARIO DE SEÑALES VIALES VERTICALES .....	33
<b>CUADRO 6.</b> CATEGORÍAS Y DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES PARA EVALUACIÓN DE PUENTES VEHICULARES .....	34
<b>CUADRO 7.</b> RESUMEN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN EN PUENTES.....	36
<b>CUADRO 8.</b> COSTOS DE LOS MATERIALES CALCULADOS .....	38
<b>CUADRO 9.</b> CÁLCULO DEL COSTO POR METRO CUADRADO DE PUENTE VEHICULAR TÍPICO.....	39
<b>CUADRO 10.</b> VARIABLES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	40
<b>CUADRO 11.</b> ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PAVIMENTO .....	45
<b>CUADRO 12.</b> ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PUENTES .....	48
<b>CUADRO 13.</b> ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE ACERAS Y CORDÓN DE CAÑO .....	48
<b>CUADRO 14.</b> ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE SEÑALES DE TRÁNSITO.....	48
<b>CUADRO 15.</b> ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL TOTAL .....	49

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	8
<b>FIGURA 2.</b> ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.....	10
<b>FIGURA 3.</b> ESQUEMA METODOLÓGICO UTILIZADO.....	12
<b>FIGURA 4.</b> CONTADORES AUTOMÁTICOS EN RED VIAL DEL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA .....	14
<b>FIGURA 5.</b> UBICACIÓN DE LOS CONTEOS Y RESULTADOS DE TPD EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA.....	15
<b>FIGURA 6.</b> CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA SEGÚN LA MUNICIPALIDAD .....	17
<b>FIGURA 7.</b> CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA SEGÚN TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO MEDIDO.....	18
<b>FIGURA 8.</b> REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL .....	19
<b>FIGURA 9.</b> PERFILÓMETRO INERCIAL LÁSER .....	20



<b>FIGURA 10.</b> RESULTADOS DEL IRI PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA.....	21
<b>FIGURA 11.</b> RESULTADOS DEL IRI PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA .....	22
<b>FIGURA 12.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN EL IRI.....	23
<b>FIGURA 13.</b> EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO.....	24
<b>FIGURA 14.</b> CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR .	24
<b>FIGURA 15.</b> RESULTADOS DEL FWD PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN HEREDIA CENTRO .....	25
<b>FIGURA 16.</b> RESULTADOS DEL FWD PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN HEREDIA CENTRO .....	26
<b>FIGURA 17.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN FWD .....	27
<b>FIGURA 18.</b> TRAMOS HOMOGÉNEOS PROPUESTOS .....	28
<b>FIGURA 19.</b> VISUALIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE PCI. ...	29
<b>FIGURA 20.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN PCI.....	30
<b>FIGURA 21.</b> RESULTADOS DE PCI PARA DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA.....	31
<b>FIGURA 22.</b> MUESTRA DE ARCHIVOS .KML DE ACERAS EN HEREDIA CENTRO .....	32
<b>FIGURA 23.</b> UBICACIÓN DE PUENTE INSPECCIONADO EN DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA	35
<b>FIGURA 24.</b> ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS PRIMARIAS.....	41
<b>FIGURA 25.</b> ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS SECUNDARIAS.....	41
<b>FIGURA 26.</b> ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS Terciarias.....	42
<b>FIGURA 27.</b> CURVA DE DETERIORO PARA PAVIMENTOS (VIDA ÚTIL 20 AÑOS).....	43
<b>FIGURA 28.</b> CURVA DE DETERIORO PARA PUENTES (VIDA ÚTIL 50 AÑOS) .....	44
<b>FIGURA 29.</b> COMPOSICIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL ESTIMADO EN EL DISTRITO CENTRAL DE HEREDIA.....	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, como primer entrega, por medio de este informe se presentan los resultados obtenidos en el distrito Central del cantón de Heredia.

## 2 OBJETIVO

Realizar una evaluación de la RVC del distrito Central de Heredia, 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 comfortable. 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-11-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 6 de 75
----------------------------	-----------------------------------	----------------



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.

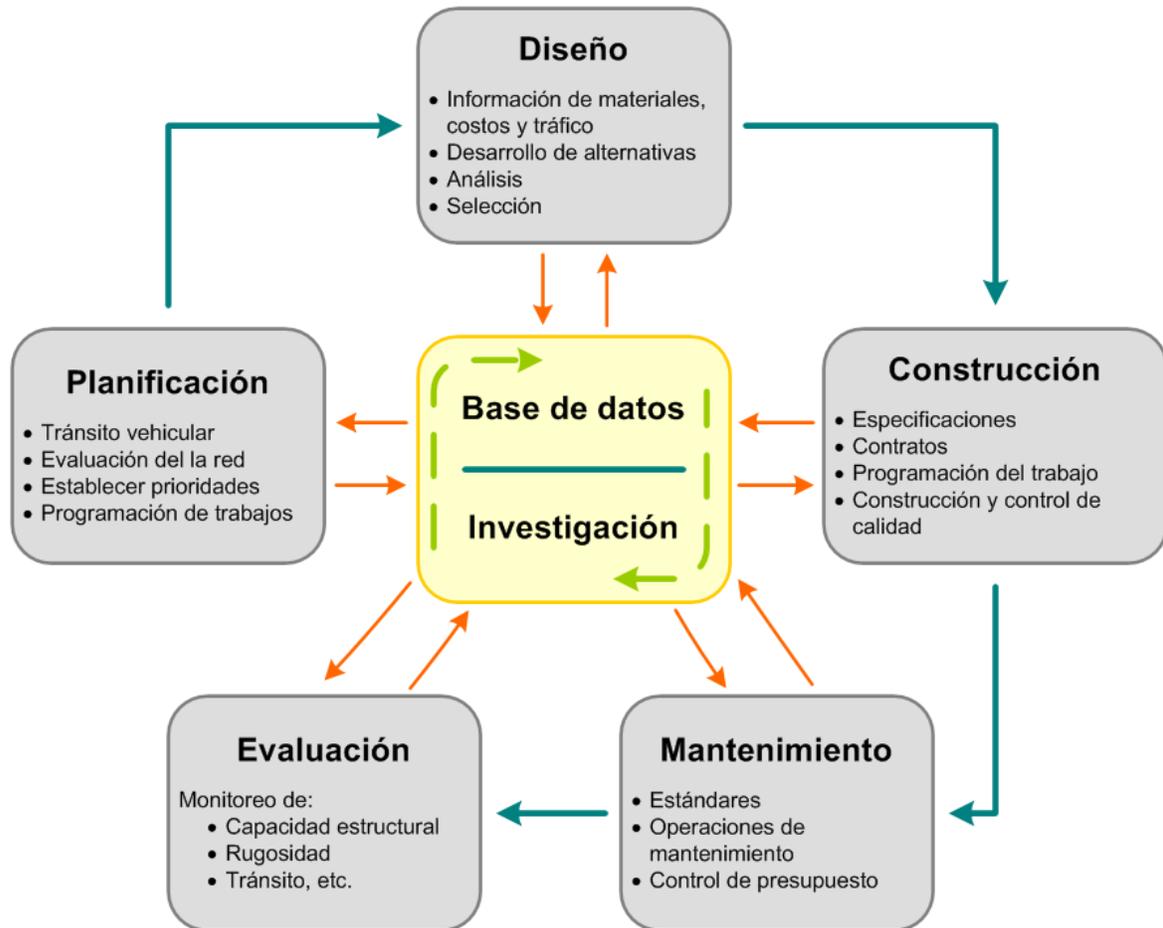
La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de Heredia proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación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

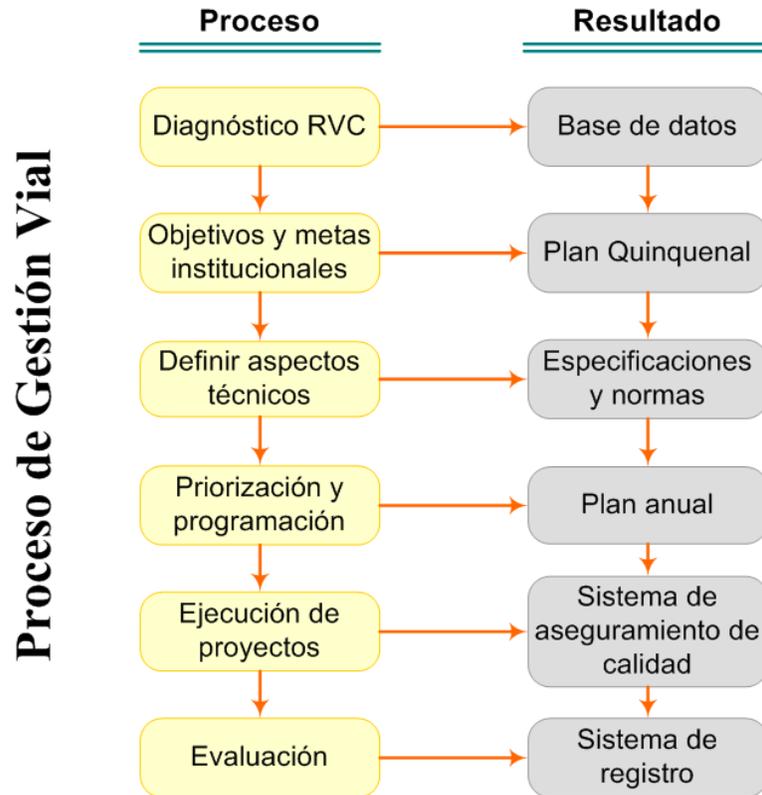
Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: frecuencia (cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo determinado) y peso de los vehículos que los transitan, solicitudes de medio ambiente, materiales usados y formas de construcción, mantenimiento, 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 HEREDIA CENTRO

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)

Informe LM-PI-GM-INF-11-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 12 de 75
----------------------------	-----------------------------------	-----------------



3. Identificar condición estructural por medio del ensayo de deflectometría (FWD)
4. Cálculo del valor del índice de condición del pavimento (PCI) a partir de la utilización de las fotografías tomadas con el equipo Geo3D y plantillas de estimación de daños.
5. Inventarios de áreas de acera, longitudes de cordones y de señales de tránsito usando el equipo Geo3D y herramientas de procesamiento de datos.
6. Inventarios e inspecciones de un puente vehicular existente en el distrito (importante aclarar que existen otros puentes que son límite con otros distritos ya analizados en informes anteriores).

### 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 4 se muestra la colocación de algunos de estos contadores en el distrito de Heredia Centro, en tanto que en la Figura 5 se muestran las ubicaciones de los conteos realizados y los valores de TPD obtenidos.



**Figura 4.** Contadores automáticos en red vial del distrito Central de Heredia

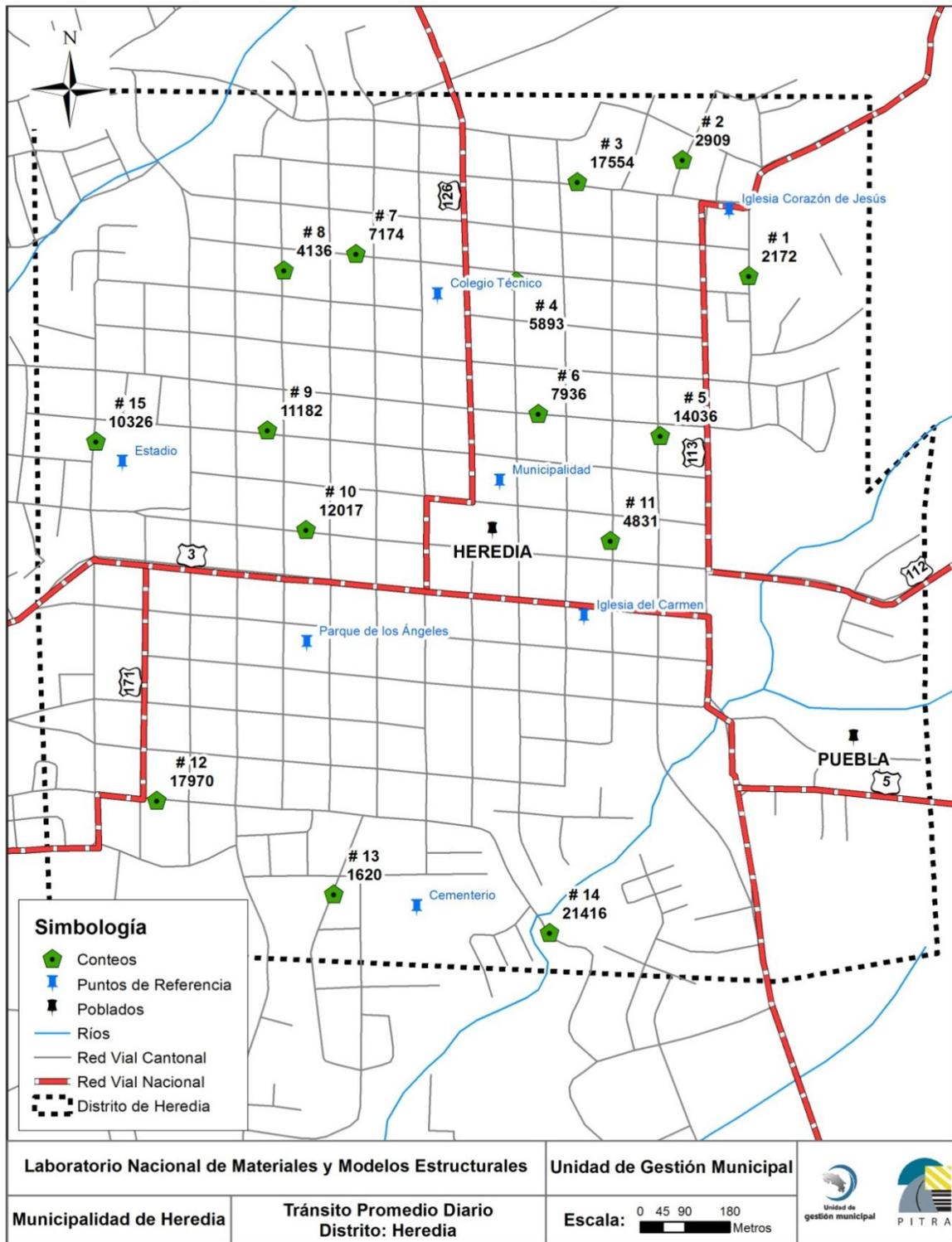


Figura 5. Ubicación de los conteos y resultados de TPD en el distrito Central de Heredia



## 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 (Figura 6), adicionalmente se muestra la clasificación funcional con base en los valores de tránsito medidos (Figura 7).

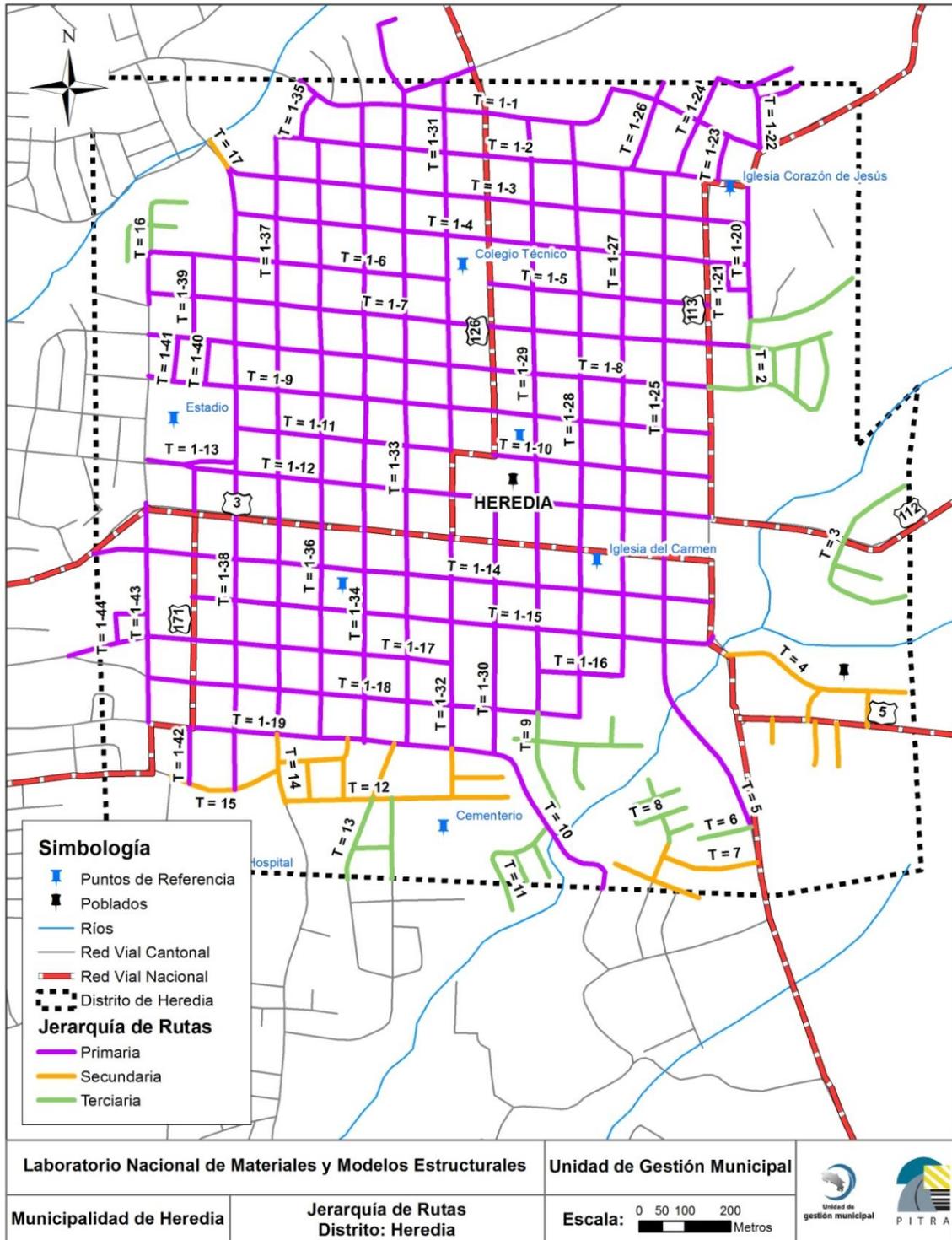
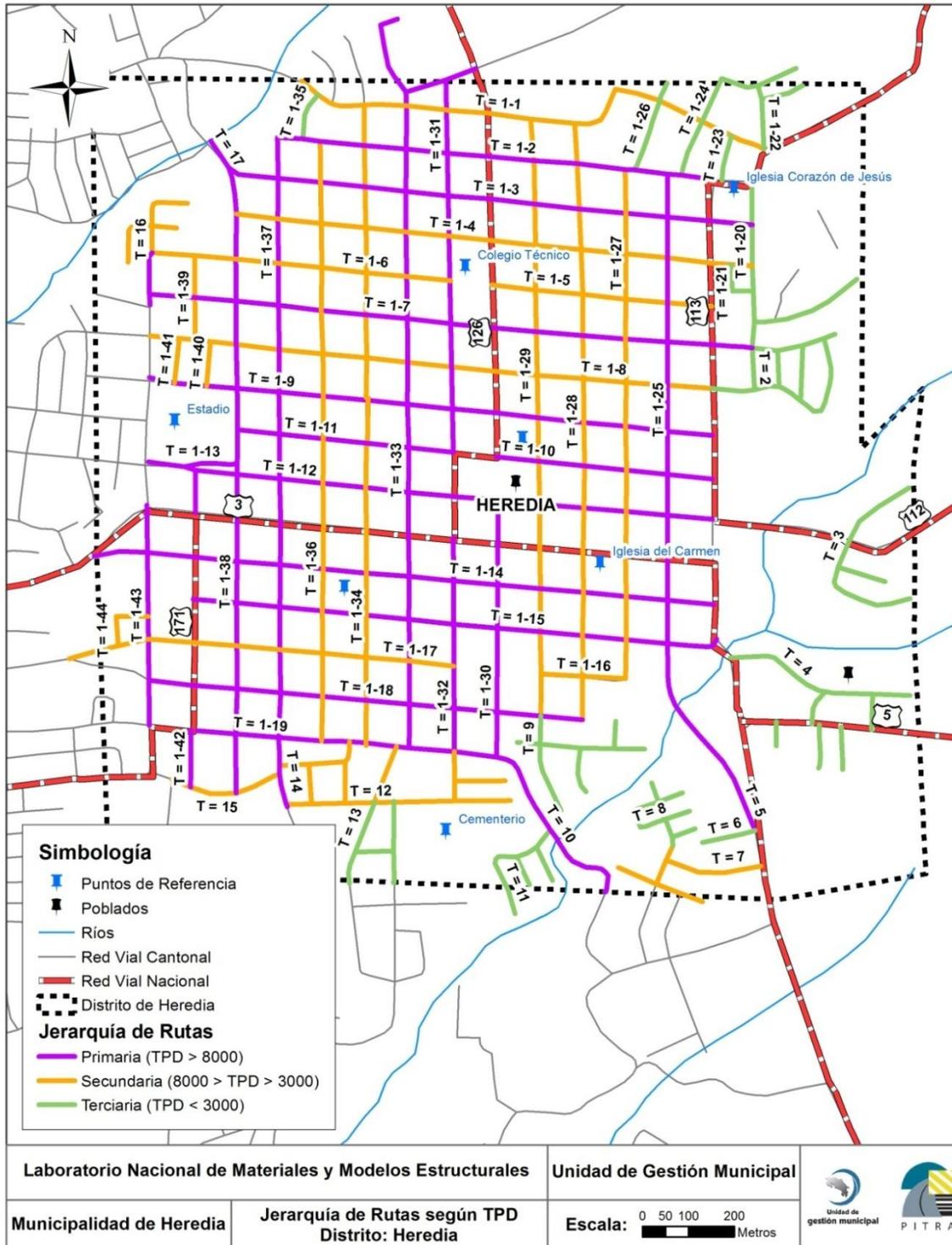


Figura 6. Clasificación funcional de vías en el distrito Central de Heredia según la Municipalidad

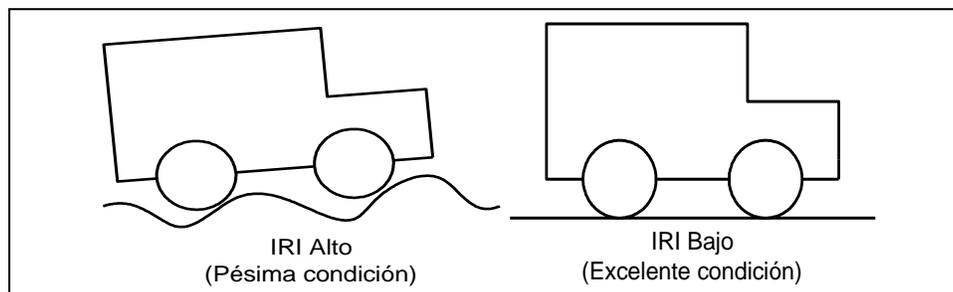


**Figura 7.** Clasificación funcional de vías en el distrito Central de Heredia según tránsito promedio diario medido

### 5.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI).

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

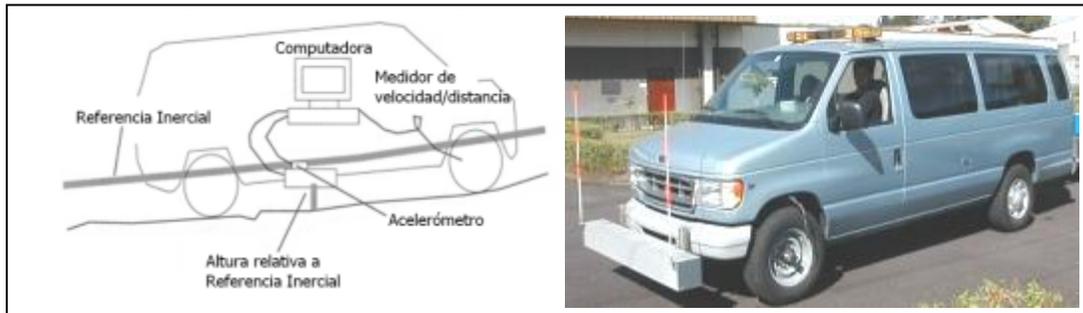
Fuente: LanammeUCR, 2008

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.



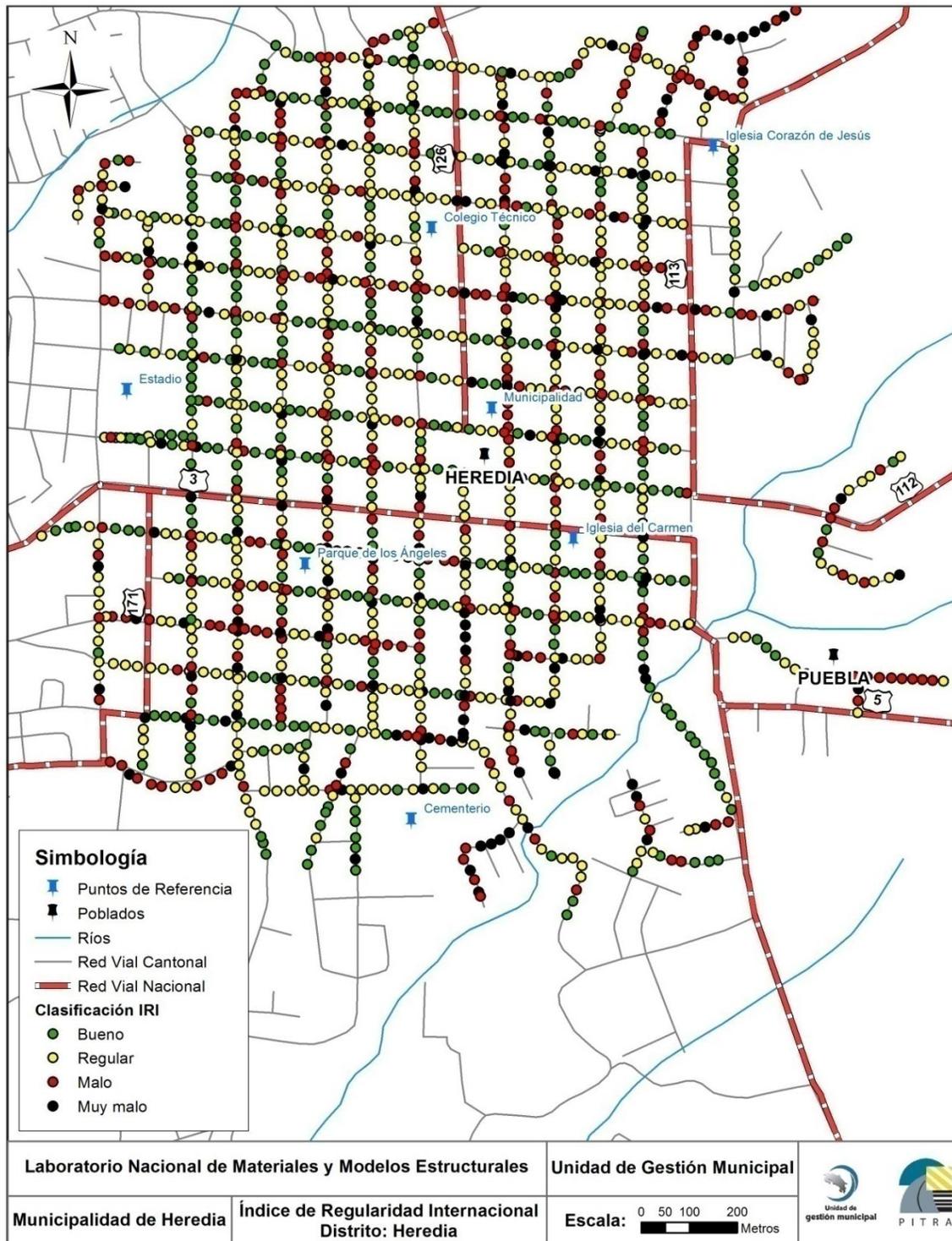
**Figura 9.** Perfilómetro Inercial Láser

Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI se calculó sobre la red vial pavimentada cada 25 metros durante el mes de marzo del año 2017 abarcando todas las rutas contempladas por la contratación y se cubrió una longitud aproximada de 41 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 Central de Heredia

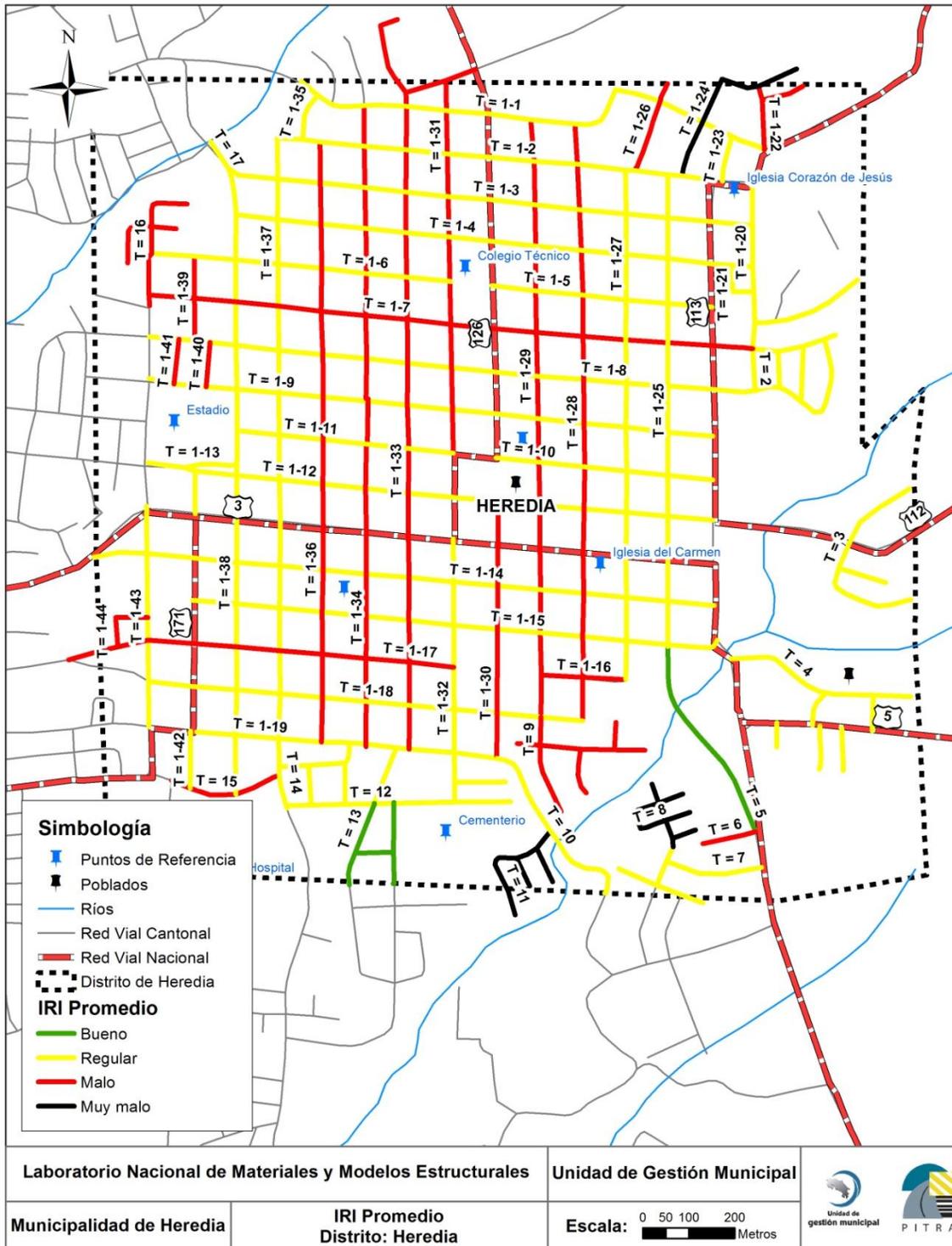
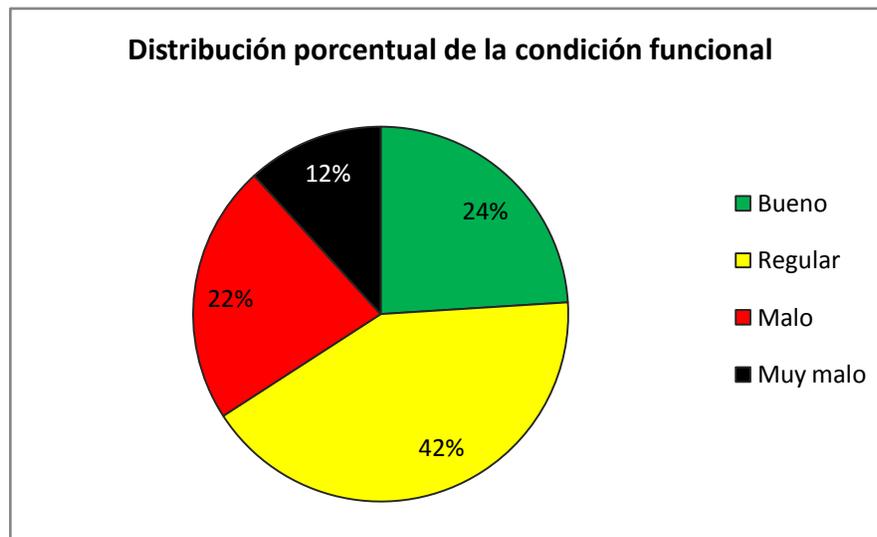


Figura 11. Resultados del IRI promedio para las mediciones realizadas en el distrito Central de Heredia

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 24% de las estimaciones de IRI a cada 25 metros se encuentran en la categoría "Bueno", además, un 42% y 22% se pueden clasificar en las categorías de "Regular" y "Malo" respectivamente, esto caracteriza una superficie con condiciones aceptables de operación en su mayor parte (66%) que favorece menores costos de operación a los usuarios.

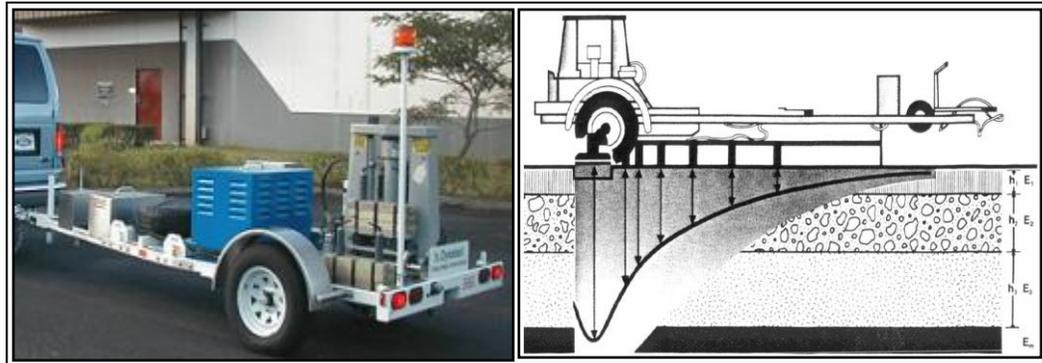


**Figura 12.** Distribución porcentual de la condición según el IRI

#### 5.4 Condición estructural a partir de deflectometría

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).

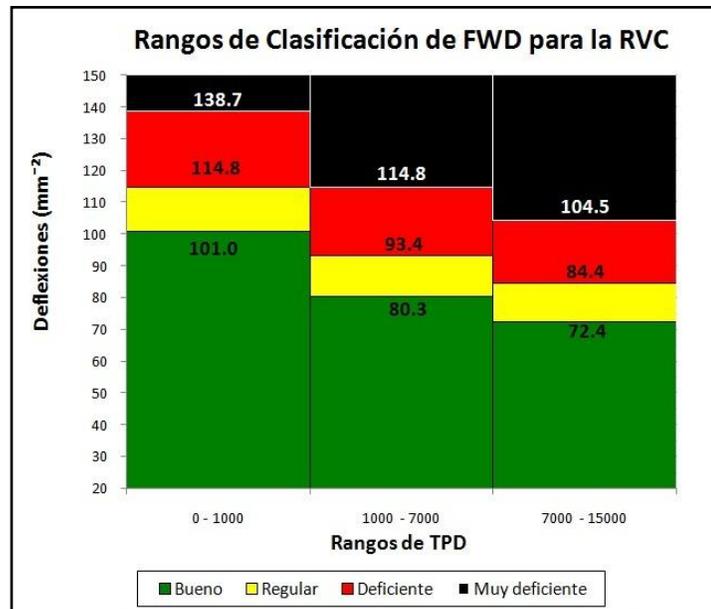
El procedimiento para la aplicación de este equipo consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones en nueve puntos a diferentes distancias respecto al punto exacto donde se aplicó la carga. A continuación en la Figura 13 se muestra el equipo de medición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



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

Fuente: LanammeUCR, 2014

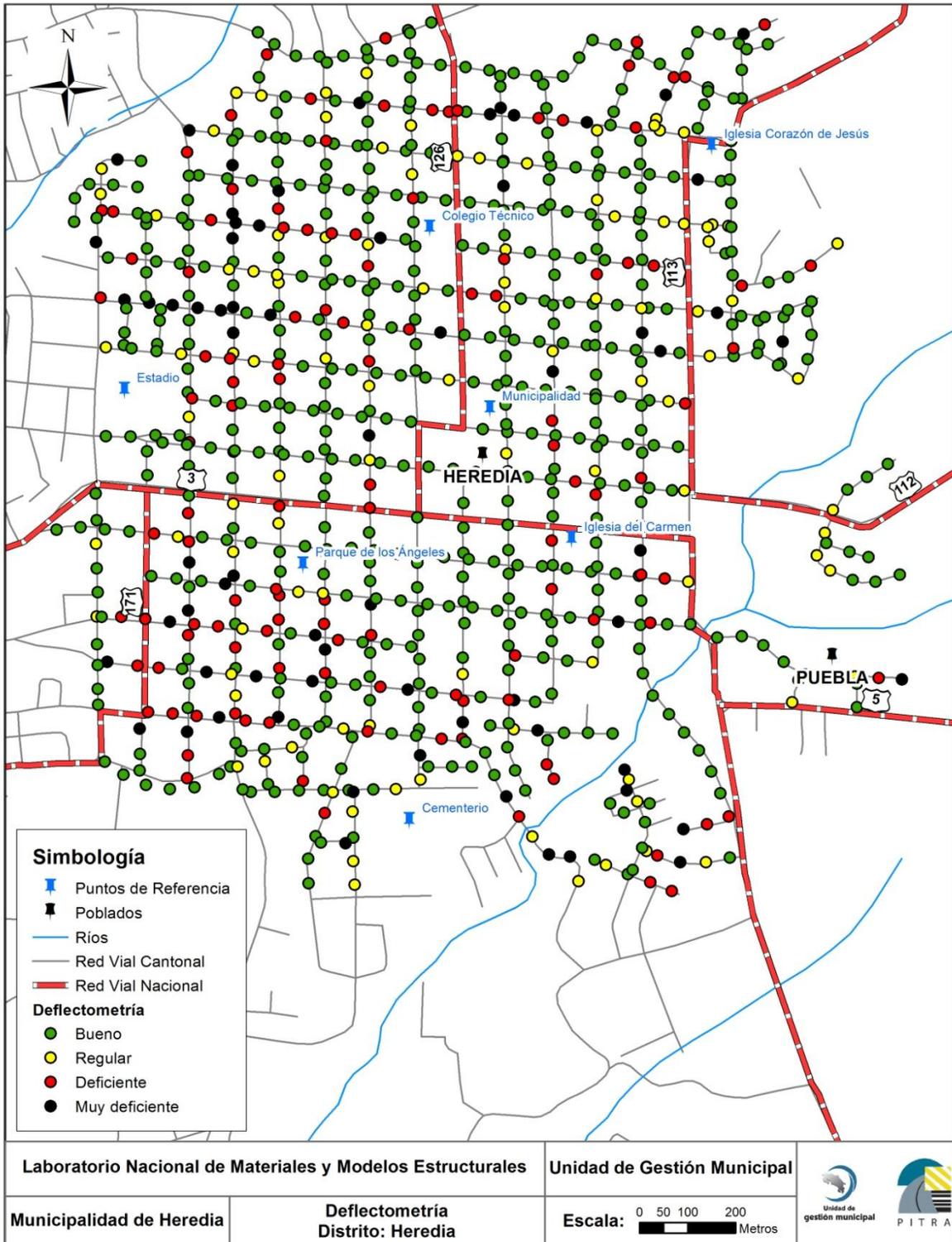


Figura 15. Resultados del FWD para las mediciones realizadas en Heredia Centro

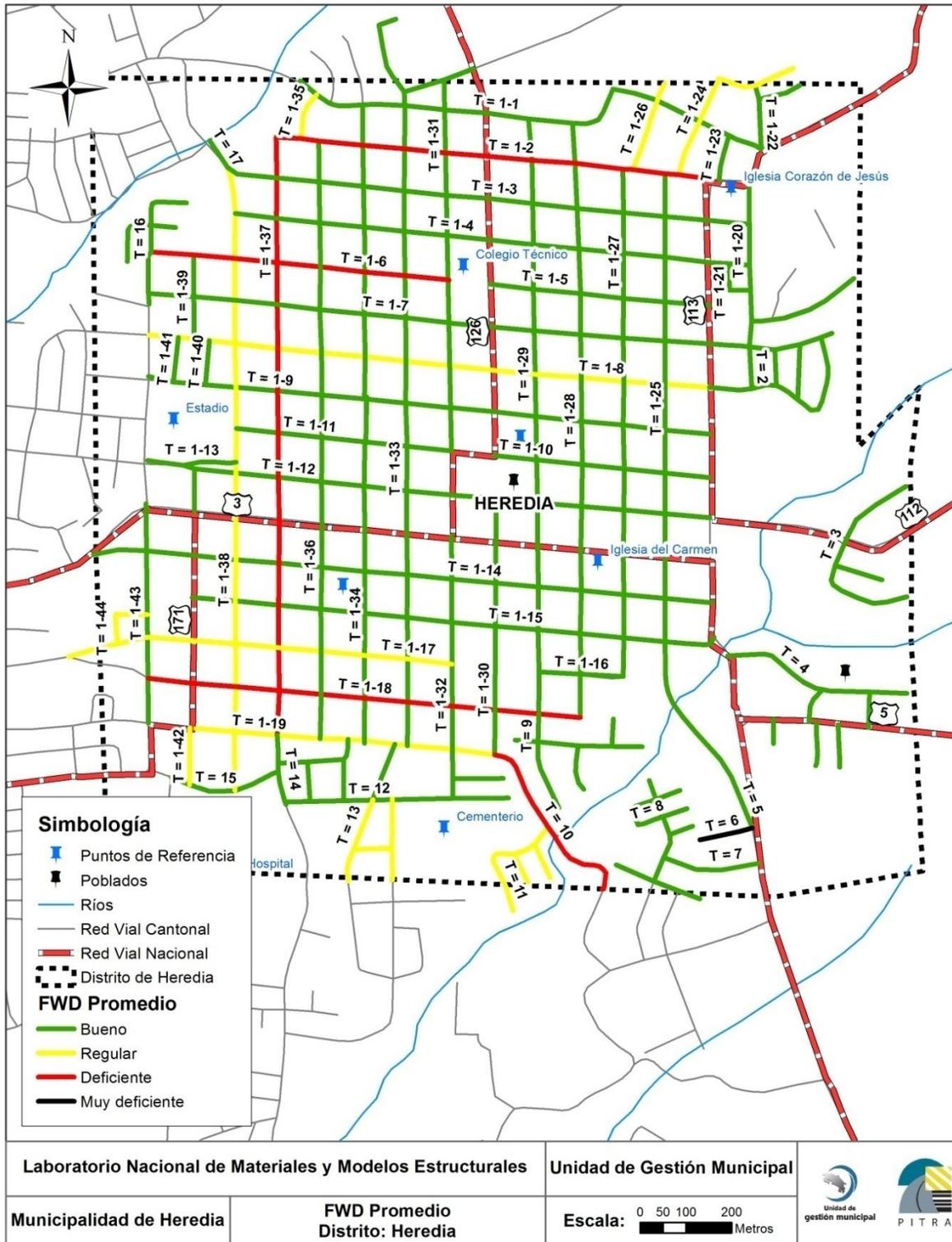
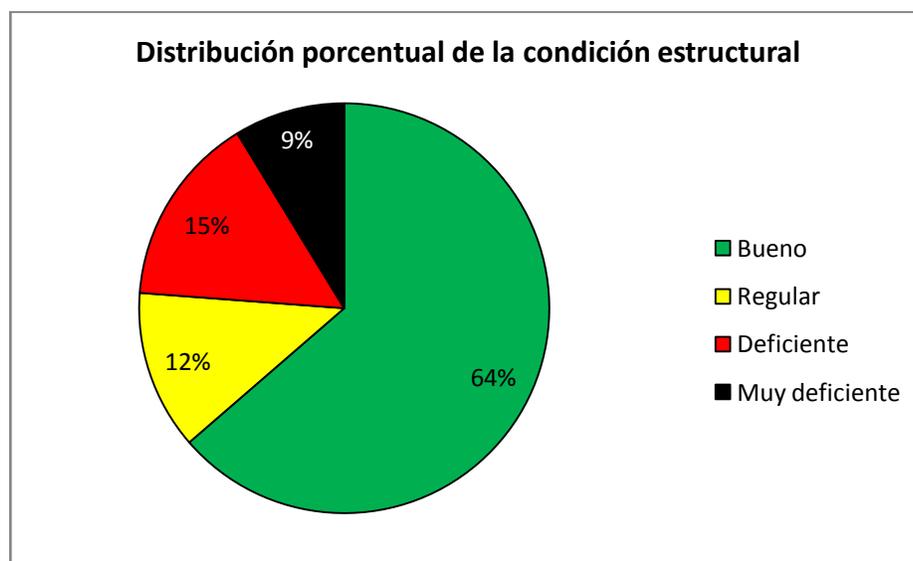


Figura 16. Resultados del FWD promedio para las mediciones realizadas en Heredia Centro

Para la red vial de Heredia Centro estas mediciones se realizaron con el equipo Deflectómetro de Impacto a cada 50 metros a lo largo de la red. En la Figura 17, se muestra gráficamente la evaluación realizada, se observa que un 76% 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 24% 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.



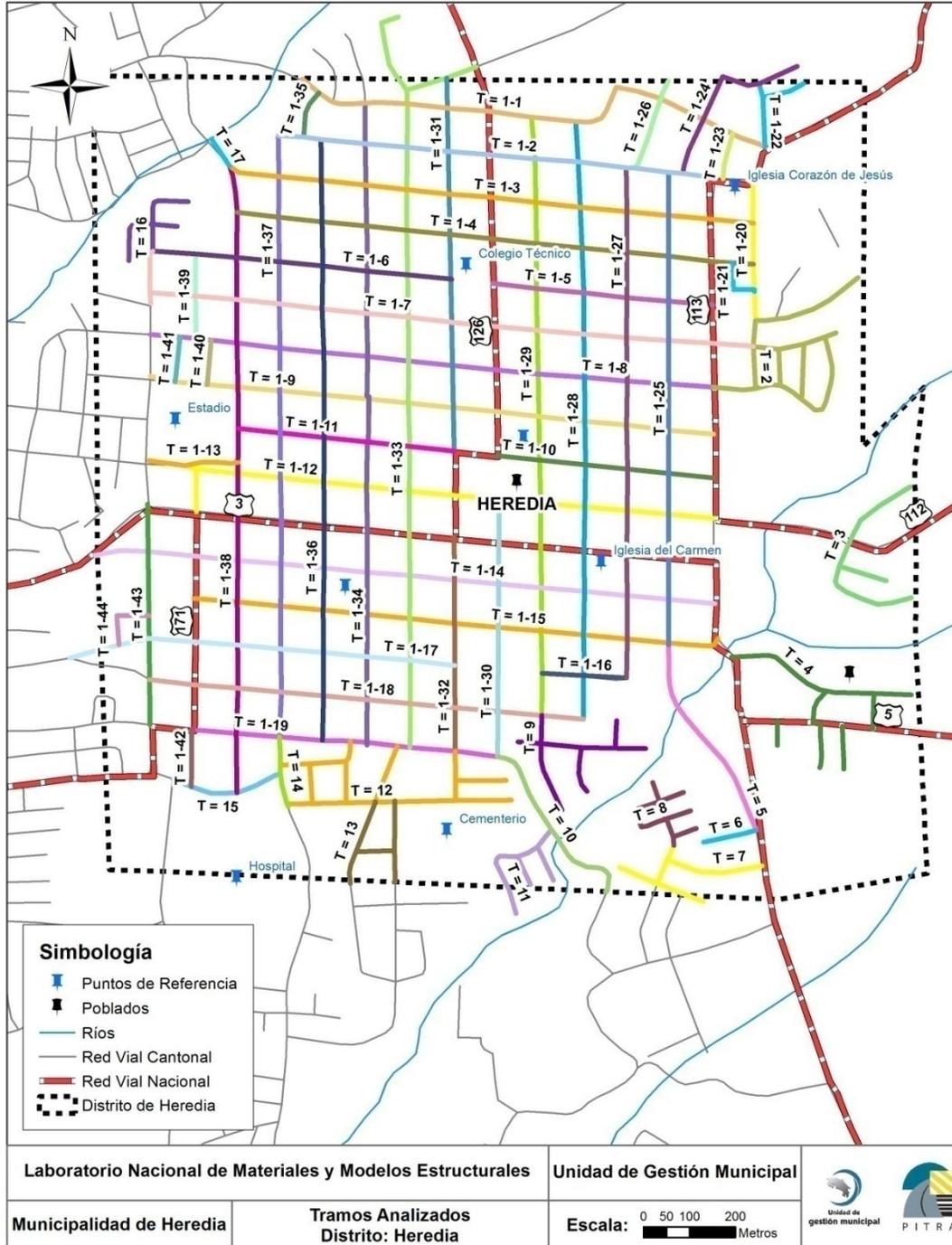
**Figura 17.** Distribución porcentual de la condición según FWD

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 Evaluación por medio del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El índice de condición de pavimentos (PCI) es una de las metodologías de evaluación de vías más ampliamente utilizada en el mundo, tanto para pavimentos flexibles como rígidos y consiste básicamente en una calificación en una escala del 0-100 donde a partir de los deterioros que son visibles y medibles en la superficie de pavimento se asignan puntos que se restan al índice total de acuerdo a la severidad, extensión y tipo de daño observable. De esta manera una vía con un PCI de 100 es una vía en excelente condición y una con PCI de 0 es una vía considerada como fallada completamente. Este es un diagnóstico que se hace de forma visual en toda la extensión de la red analizada.

Para el caso de la red vial de Heredia Centro se ha empleado esta metodología a través del aprovechamiento de las capacidades del equipo Geo3D, el cual consiste en un vehículo con 6 cámaras de alta definición que logran captar imágenes de forma consecutiva abarcando la totalidad de la vía. Usando estas imágenes, el programa de manejo de imágenes y las plantillas creadas para el cálculo de PCI es que se logra sustituir la presencia de inspectores y el cálculo se realiza en oficina. En la Figura 19 se muestra una ventana del programa utilizado.



**Figura 19.** Visualización del procesamiento de datos para el cálculo de PCI.



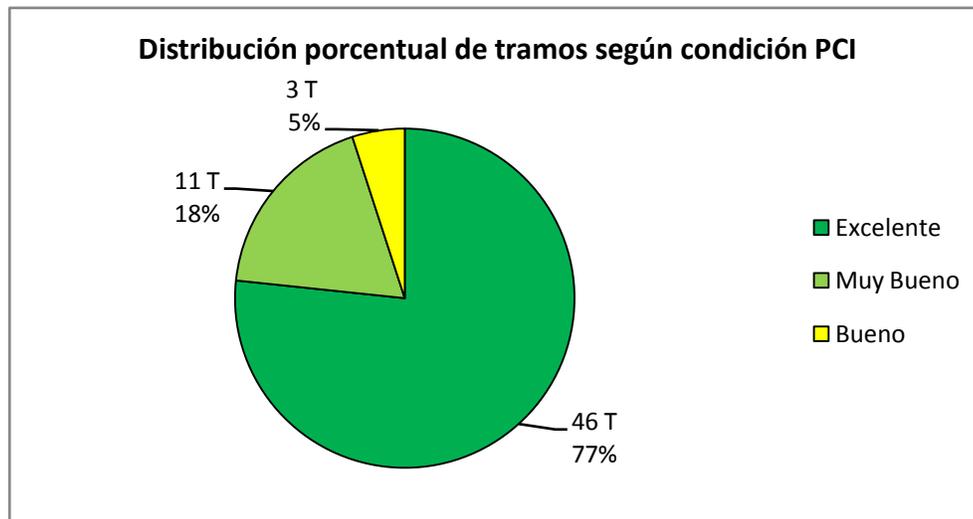
La escala utilizada para la clasificación de vías se desprende de la norma ASTM-6433-11 la cual se utilizó para definir los rangos en los cuales se clasifican las vías con base en el resultado de PCI. En el Cuadro 2 se muestran los rangos:

**Cuadro 2.** Categorización del Índice de Condición de Pavimento (PCI).

Condición	PCI
Excelente	>85
Muy bueno	70-85
Bueno	55-70
Regular	40-55
Malo	25-40
Muy malo	10-25
Fallado	<10

Fuente: Norma ASTM-6433-11

En la Figura 20 y Figura 21 se muestra el resultado del cálculo de PCI para el distrito Central de Heredia dividido por las calles evaluadas. En la Figura 20 se muestra el resultado de la evaluación. Como puede verse un 95% (39.6 km) de la red analizada se encuentra en una condición entre “Excelente” y “Muy Buena”, mientras que solo un 5% (1,4 km) se encuentra en una condición "Regular".



**Figura 20.** Distribución porcentual de la condición según PCI

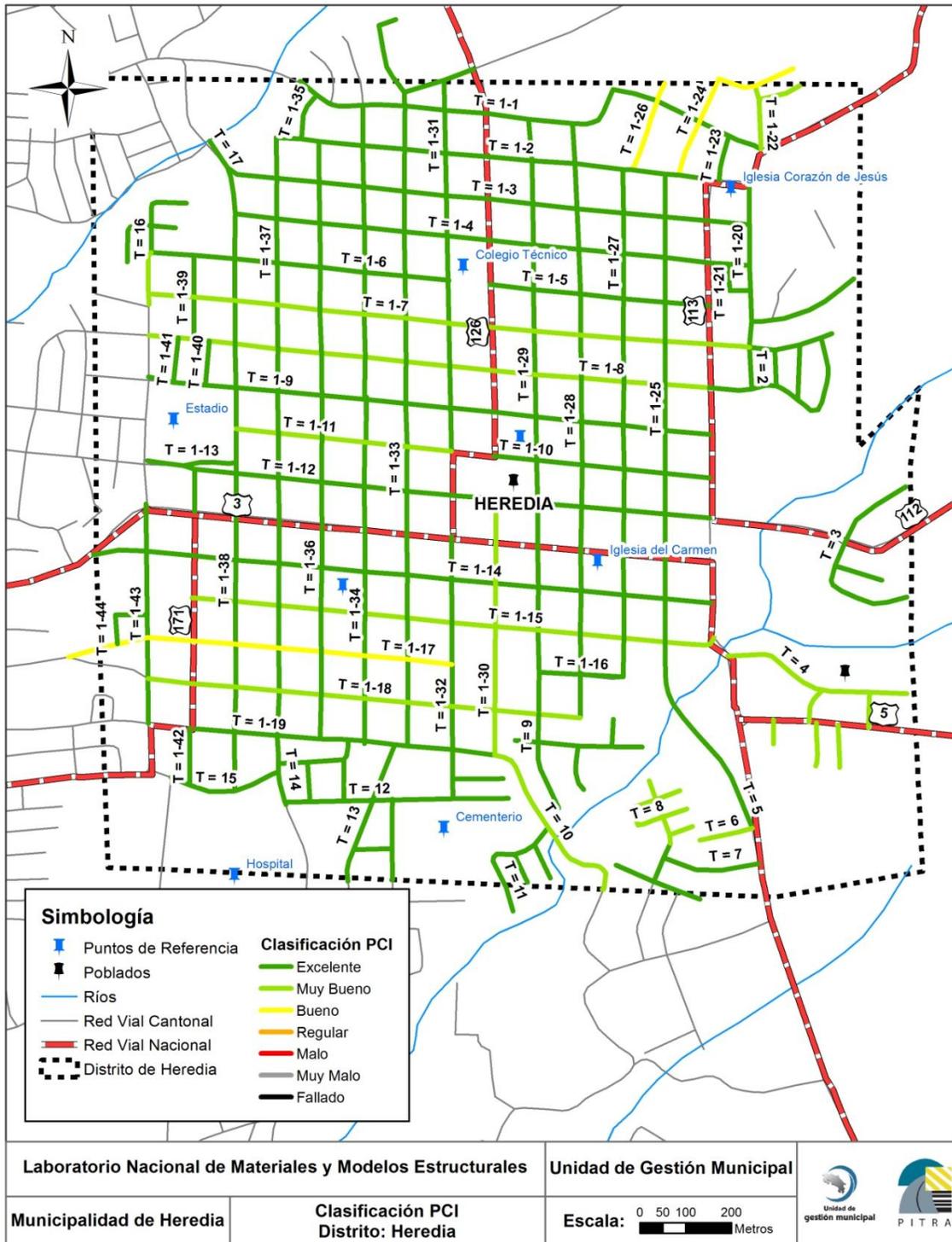


Figura 21. Resultados de PCI para distrito Central de Heredia

### 5.7 Inventario de aceras, cordones de caño y señales de tránsito

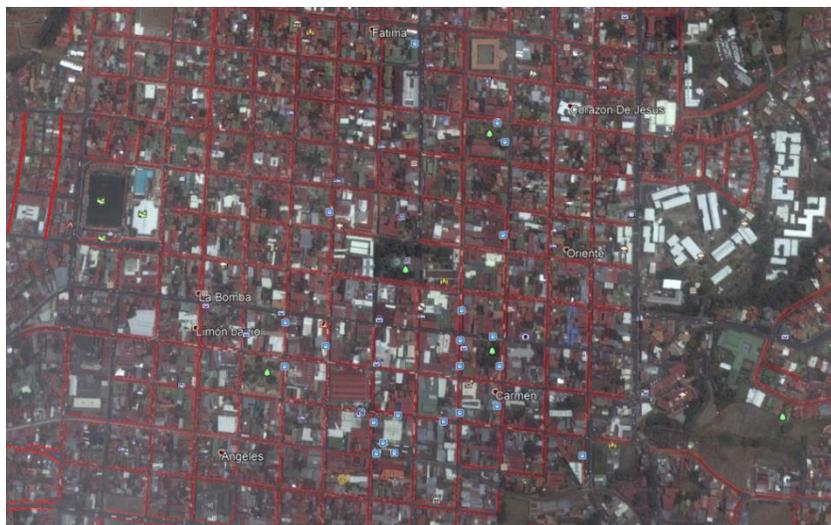
En conjunto con los pavimentos existen dentro del derecho de vía otros elementos que son parte del patrimonio vial de la Municipalidad. Los más importantes son las aceras, estructuras de evacuación de aguas pluviales (cordón y caño) y las señales de tránsito verticales y horizontales. Aprovechando la capacidad de fotografiar y medir elementos por áreas y longitudes que posee el equipo Geo3D utilizado para el análisis de condición de pavimento y cálculo de PCI se realizó el inventario de estos elementos.

A continuación en el Cuadro 3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para aceras y cordones de caño, el detalle de los datos se muestran en los anexos.

**Cuadro 3.** Inventario de aceras y cordones de caño

Elemento medido	Unidades	Total
Aceras peatonales	Metros cuadrados	126.558
Cordón y caño	Metros lineales	64.298

Como parte de los productos de este informe se adjunta de forma digital archivos en formato .kml (Google Earth) donde se detallan las ubicaciones de las aceras y cordones de caño identificados y medidos en este distrito. En la Figura 22 se muestra una imagen de cómo se visualizan estos archivos.



**Figura 22.** Muestra de archivos .kml de aceras en Heredia Centro



Las señales de tránsito fueron inventariadas de forma individual con recorridos independientes a los realizados con el Geo3D, en el Cuadro 4 y

Cuadro 5 se resumen los resultados separados por señales horizontales y verticales.

**Cuadro 4.** Inventario de señales viales horizontales

<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Señales de Escuela / Cruce peatonal	21
Señales de velocidad máxima	3
Señales de Alto y líneas de parada	358
Señales de Ceda	11
Flechas	772
Señales de reglamentación	33

**Cuadro 5.** Inventario de señales viales verticales

<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Señales de Escuela / Cruce peatonal	24
Señales de velocidad máxima	2
Señales de parada de autobuses	12
Señales de Ceda	6
Señales de Alto	250
Señales reglamentarias	168
Señales de prevención	13
Señales de estacionamiento	101

Tanto en el caso de aceras, cordones de caño y señales no se ha establecido un parámetro de condición tal como se hace en el caso de los pavimentos y puentes. En este caso se considera únicamente su existencia para fines de estimación del patrimonio vial.



## 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 Heredia Centro. Dentro de este distrito se tienen dos cuerpos de agua principales: el Río Burío y el Río Pirro; en total se evaluó un puente ubicado en el sur del distrito (ver Figura 23); otros puentes que están ubicados en ríos límites con otros distritos ya han sido evaluados en informes anteriores.

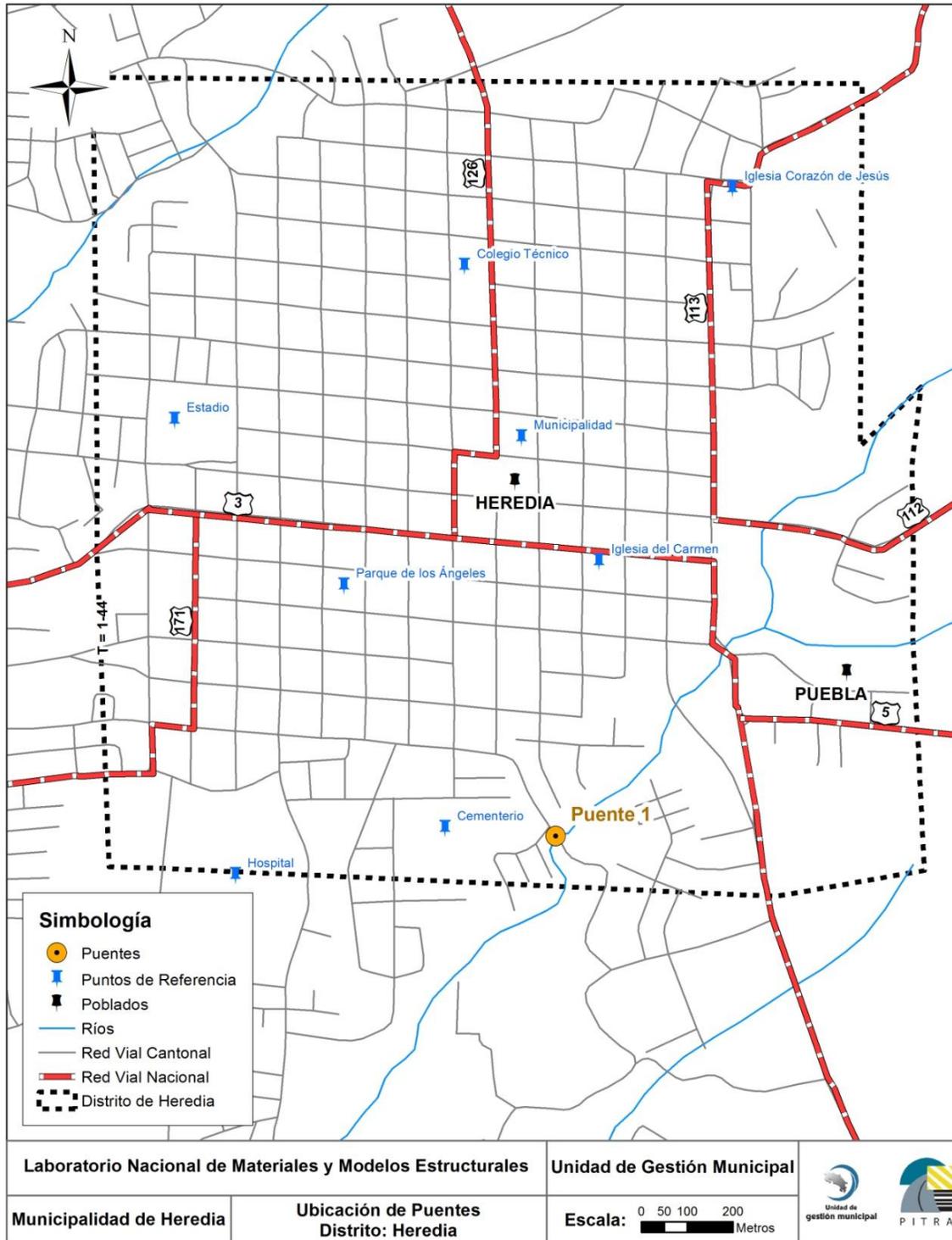
La metodología que se utilizó para la evaluación de los puentes fue la establecida en el Manual para Inspección de Puentes del MOPT (2007) tanto para la parte de inventariado como para la de inspección de los elementos. Los formularios completos de la evaluación se adjuntan como anexos.

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 6.

**Cuadro 6.** 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	<b>Atención pronta.</b> 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	<b>Atención prioritaria.</b> 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	<b>Atención inmediata.</b> 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 puente inspeccionado en distrito central de Heredia



En el Cuadro 7 se resumen los resultados obtenidos durante la evaluación de los puentes en el distrito Central de Heredia.

**Cuadro 7.** Resumen de resultados de evaluación en puentes

Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
1. Puente sobre Río Pirro	12 m	Una superestructura de vigas presforzadas y una superestructura metálica (chasis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen problemas graves de socavación en los bastiones que soportan la superestructura de chasis (adicionalmente hay un mal manejo de aguas pluviales), misma que se considera no adecuada para este tipo de estructuras.</li> <li>• La baranda del sector aguas abajo están en mala condición y no proporcionan contención suficiente.</li> </ul>	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.

## 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 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.

En el caso de los concretos en aceras y cordones de caño se ha calculado el costo con base en procesos de producción en planta y no en sitio (mejor control de calidad) así como producciones mayores a las que se obtienen de trabajos enteramente manuales.

Para el caso de las señales se ha calculado el costo con base en los valores de los suministros y horas de trabajo necesarias para cada tipo de señal, tanto vertical como horizontal. Para la estimación de valor patrimonial se consideraran los costos de sustitución de estas señales.

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.

En el Cuadro 8 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.

Informe LM-PI-GM-INF-11-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 37 de 75
----------------------------	-----------------------------------	-----------------



**Cuadro 8.** 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 <sup>3</sup>	¢16.428.38	¢12.463.59
301.03	Base Granular graduación D	m <sup>3</sup>	¢17.755.80	-----
402.01	Mezcla asfáltica en caliente, tamaño máximo 19mm.	t	¢60.758.17	¢53.539.33
615.01	Concreto hidráulico clase X de 180kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	¢120.162.89	¢176.953.27
615.01	Aceras peatonales, espesor 0.10m	m <sup>2</sup>	¢15.005.71	¢17.804.24 (0.15m espesor)
609.01	Cordón y cuneta de concreto	m	¢24.095.43	¢20.835.00
107 (3)	Señal horizontal Escuela/Cruce peatonal	u	¢64.475.42	¢51.574.78
107 (3)	Señal horizontal velocidad máxima	u	¢64.475.42	¢40.577.77
107 (3)	Señal horizontal Alto	u	¢38.933.78	¢39.935.50
107 (3)	Señal horizontal Ceda	u	¢38.933.78	¢39.935.50
107 (4)	Señal vertical Escuela	u	¢98.441.84	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Velocidad máxima	u	¢98.441.84	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical parada de autobuses	u	¢98.441.84	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Ceda	u	¢98.441.84	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto	u	¢98.441.84	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto-flecha	u	¢98.441.84	-----
107 (4)	Señal vertical reglamentaria	u	¢98.441.84	¢100.658.42

## 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 Mercedes; 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 del puente sobre el Río Burío en Barrio Fátima. Esto representa una ventaja pues no solo es información actualizada (año 2015) 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 9 resume el cálculo del costo:

**Cuadro 9.** Cálculo del costo por metro cuadrado de puente vehicular típico

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

\*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/m<sup>2</sup> para puentes de vigas de concreto y de ¢1.650.000/m<sup>2</sup> 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

Informe LM-PI-GM-INF-11-17	Fecha de emisión: Noviembre, 2017	Página 39 de 75
----------------------------	-----------------------------------	-----------------

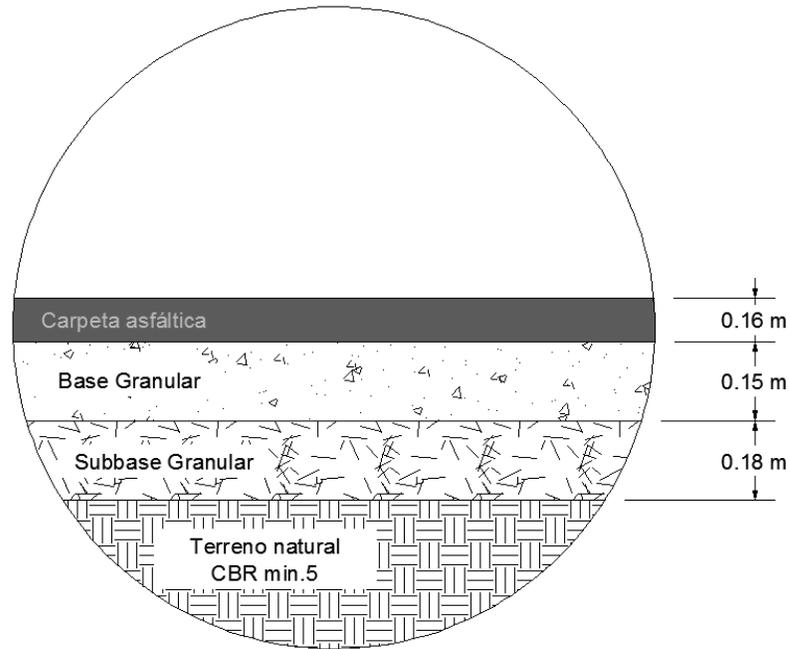


es establecer que características en cuanto a material y espesores es la ideal para las condiciones actuales de operación de la red vial en Heredia Centro; de paso constituyen alternativas de diseño para la Municipalidad de Heredia en caso de querer reconstruir alguna de las vías de este distrito.

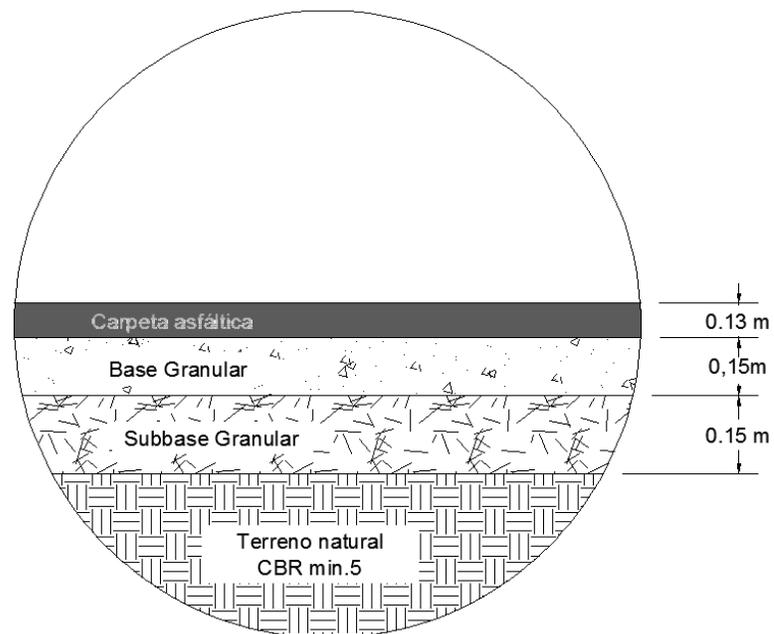
Se utilizará la metodología establecida por la ecuación AASHTO 93 para la determinación de las estructuras de pavimento. Considerando la configuración tradicional de carpeta asfáltica, base granular y subbase granular, cabe mencionar que los datos de deflectometría no muestran que en ninguna de las calles 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 10 se muestran los parámetros de diseño y en la Figura 24, Figura 25 y Figura 26 las estructuras obtenidas, las memorias de cálculo se adjuntan como anexos.

**Cuadro 10.** Variables de diseño para pavimento flexible

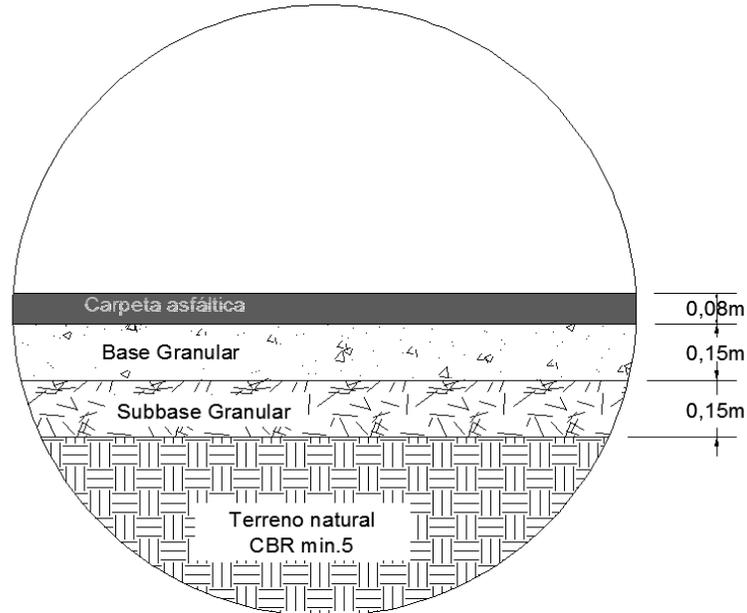
Variable de diseño		Rutas primarias	Rutas secundarias	Rutas terciarias
Ejes equivalentes	$W18$	6.263.523	1.930.039	165.034
Periodo de análisis	$años$	10	10	10
Confiabilidad	$R$	80%	80%	70%
Índice de servicio inicial	$po$	4,2	4,2	4,2
Índice de servicio final	$pt$	2,5	2,5	2,5
Desviación normal estándar	$Zr$	-0.842	-0.842	-0.524
Desviación estándar general	$So$	0,45	0,45	0,45
Módulo de resiliencia de la subrasante (psi)	$Mref$	7500	7500	7500
Módulo de resiliencia de la base (psi)	$Ebs$	28000	28000	28000
Módulo de resiliencia de la subbase (psi)	$Esb$	14500	14500	14500
Diferencia de índices de servicio	$\Delta PSI$	1.7	1.7	1.7
Coeficiente estructural de carpeta asfáltica	$a1$	0,44	0,44	0,44
Coeficiente estructural de base (BG)	$a2$	0,135	0,135	0,135
Coeficiente de drenaje de base (BG ó BE)	$m2$	1	1	1
Coeficiente estructural de subbase granular	$a3$	0,11	0,11	0,11
Coeficiente de drenaje de subbase granular	$m3$	1	1	1



**Figura 24.** Estructura de pavimento modelo para vías primarias



**Figura 25.** Estructura de pavimento modelo para vías secundarias



**Figura 26.** Estructura de pavimento modelo para vías terciarias

## 8 CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES

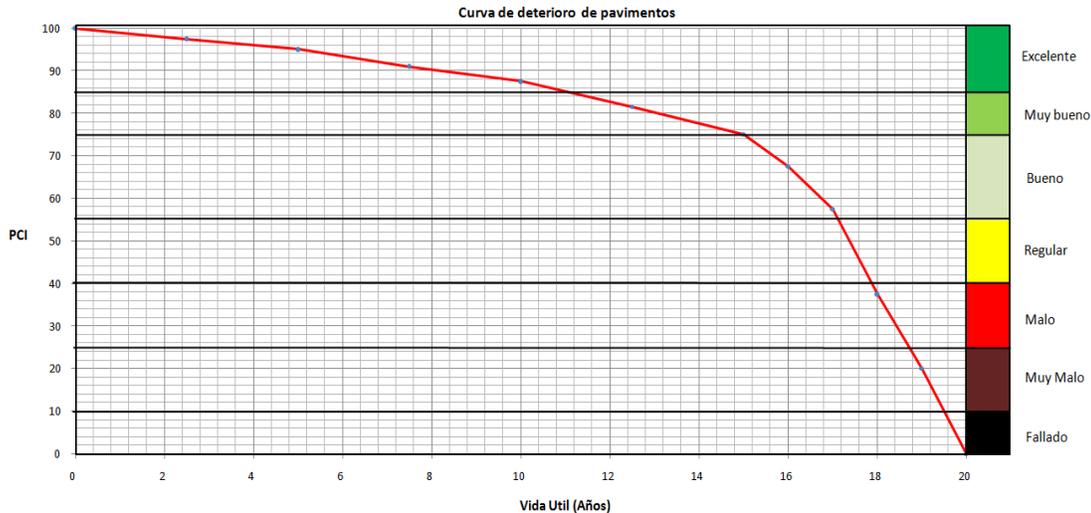
Las obras de infraestructura vial al estar al servicio permanente de los usuarios (vehículos, transporte público, camiones de carga, peatones, entre otros) constituyen elementos que sufren un desgaste constante con el paso de los años. El concepto de curva de deterioro relaciona la capacidad funcional 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 27, 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 27.** 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 28.



**Figura 28.** 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 Heredia Centro (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.

En el caso de las aceras y cordones de caño, se han estimado espesores mínimos utilizados normalmente en la construcción de estos elementos. Es importante considerar que el equipo con el que se realizó el inventario (Geo3D) no tuvo acceso a algunas calles (la minoría) por lo tanto el valor mostrado debe ser considerado como un mínimo y es posible que el área de aceras y longitud de cordón de caño sea incluso mayor.

Para la estimación de las señales de tránsito verticales y horizontales se ha considerado únicamente su presencia (inventario) por lo que el valor estimado en realidad constituye un valor de sustitución de estos activos y no un valor relacionado con la condición actual.

A partir de estas consideraciones sobre la metodología utilizada en cada caso, en el Cuadro 11 se presenta la estimación económica del valor patrimonial del pavimento, en el Cuadro 12 de los puentes, en el Cuadro 13 de los componentes de aceras y cordón de caño, y en el Cuadro 14 de las señales de tránsito, para finalmente mostrar un resumen del valor patrimonial vial total del distrito de Heredia Centro en el Cuadro 15 y la distribución de la composición del patrimonio vial estimado en la Figura 29.

**Cuadro 11.** Estimación de valor patrimonial componente pavimento

Tramo	Jerarquía	TPD	PCI	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor (c)
				Subbase (m)	Base (m)	Carpeta (m)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1-1	Secundaria	5468	86,00	16	15	14	1406	1318	2952	¢194.229.583,93
1-2	Primaria	17554	97,00	22	15	17	1676	1143	3109	¢229.621.760,28
1-3	Primaria	15309	85,00	22	15	17	2126	1450	3943	¢255.211.049,15
1-4	Secundaria	7174	86,00	16	15	14	2318	2173	4867	¢320.261.068,98
1-5	Secundaria	7936	90,00	16	15	14	621	582	1304	¢89.793.384,04
1-6	Secundaria	7174	95,00	16	15	14	860	806	1805	¢131.192.691,75
1-7	Primaria	11182	84,00	22	15	17	2477	1689	4594	¢293.870.123,77
1-8	Secundaria	7936	84,00	16	15	14	1530	1435	3213	¢206.520.787,72
1-9	Primaria	11182	98,00	22	15	17	1965	1340	3645	¢271.982.144,22
1-10	Primaria	12017	90,00	22	15	17	724	494	1343	¢92.062.437,01



Tramo	Jerarquía	TPD	PCI	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor (c)
				Subbase (m)	Base (m)	Carpeta (m)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1-11	Primaria	12017	82,00	22	15	17	786	536	1458	¢91.008.727,68
1-12	Primaria	12017	96,00	22	15	17	1942	1324	3602	¢263.301.972,06
1-13	Primaria	11771	100,00	22	15	17	495	338	918	¢69.901.003,46
1-14	Primaria	12017	90,00	22	15	17	2212	1508	4102	¢281.122.219,76
1-15	Primaria	12017	84,00	22	15	17	1946	1327	3610	¢230.879.703,57
1-16	Secundaria	4831	87,00	16	15	14	233	218	489	¢32.523.773,16
1-17	Secundaria	7174	64,00	16	15	14	1175	1101	2467	¢120.794.974,38
1-18	Primaria	10326	83,00	22	15	17	1610	1098	2987	¢188.752.276,87
1-19	Primaria	17970	85,00	22	15	17	1811	1235	3358	¢217.348.115,06
1-20	Terciaria	2172	100,00	15	15	8,5	329	329	447	¢38.435.346,44
1-21	Terciaria	1620	88,00	15	15	8,5	68	68	92	¢6.952.375,20
1-22	Terciaria	2172	75,00	15	15	8,5	193	193	262	¢16.895.187,81
1-23	Terciaria	2172	98,00	15	15	8,5	96	96	130	¢10.956.798,00
1-24	Terciaria	2909	59,00	15	15	8,5	380	380	517	¢26.205.820,41
1-25	Primaria	14036	88,00	22	15	17	1536	1047	2848	¢190.855.936,44
1-26	Terciaria	2909	59,00	15	15	8,5	243	243	331	¢16.753.597,67
1-27	Secundaria	4831	87,00	16	15	14	1179	1106	2477	¢164.870.254,70
1-28	Secundaria	5893	90,00	16	15	14	1422	1333	2986	¢205.604.645,18
1-29	Secundaria	5893	95,00	16	15	14	1396	1309	2932	¢213.110.322,98
1-30	Primaria	21416	79,00	22	15	17	759	517	1407	¢84.619.133,20
1-31	Primaria	12017	99,00	22	15	17	1460	995	2707	¢204.078.051,28
1-32	Primaria	12017	94,00	22	15	17	650	443	1205	¢86.240.105,45
1-33	Primaria	12017	97,00	22	15	17	2770	1889	5138	¢379.481.104,13
1-34	Secundaria	7174	100,00	16	15	14	1579	1480	3315	¢253.631.919,02
1-35	Terciaria	2909	100,00	15	15	8,5	91	91	124	¢10.638.124,43



Tramo	Jerarquía	TPD	PCI	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor (¢)
				Subbase (m)	Base (m)	Carpeta (m)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1-36	Secundaria	4136	97,00	16	15	14	1625	1523	3412	¢253.178.803,63
1-37	Primaria	11182	95,00	22	15	17	2185	1490	4053	¢293.162.022,02
1-38	Primaria	15309	99,00	22	15	17	2208	1505	4094	¢308.655.338,15
1-39	Secundaria	4136	97,00	16	15	14	223	209	468	¢34.699.183,49
1-40	Secundaria	4136	95,00	16	15	14	124	116	261	¢18.935.317,10
1-41	Secundaria	4136	99,00	16	15	14	108	102	228	¢17.239.742,70
1-42	Primaria	10326	87,00	22	15	17	217	148	403	¢26.720.594,87
1-43	Primaria	10326	85,00	22	15	17	774	528	1435	¢92.882.598,62
1-44	Secundaria	3127	85,00	16	15	14	170	159	356	¢23.166.941,14
2	Terciaria	2172	100,00	15	15	8,5	1268	1268	1725	¢148.175.324,02
3	Terciaria	2172	97,00	15	15	8,5	628	628	854	¢71.142.031,21
4	Terciaria	2172	84,00	15	15	8,5	894	894	1216	¢87.701.253,53
5	Primaria	14036	100,00	22	15	17	1011	690	1876	¢142.811.980,90
6	Terciaria	1620	82,00	15	15	8,5	132	132	180	¢12.687.366,30
7	Secundaria	6306	95,00	16	15	14	726	680	1524	¢110.770.524,38
8	Terciaria	1620	80,00	15	15	8,5	304	304	413	¢28.397.959,26
9	Terciaria	2172	96,00	15	15	8,5	670	670	911	¢75.146.663,40
10	Primaria	21416	82,00	22	15	17	694	473	1287	¢80.336.839,45
11	Terciaria	1620	95,00	15	15	8,5	377	377	512	¢41.791.119,06
12	Secundaria	4831	97,00	16	15	14	1432	1342	3006	¢223.113.249,94
13	Terciaria	1620	95,00	15	15	8,5	519	519	706	¢57.585.431,59
14	Primaria	9646	95,00	22	15	17	322	220	598	¢43.258.357,92
15	Secundaria	7936	95,00	16	15	14	337	316	707	¢51.378.738,79
16	Secundaria	4136	100,00	16	15	14	337	316	708	¢54.197.724,42
17	Primaria	15309	85,00	22	15	17	108	74	200	¢12.968.615,85



**Cuadro 12.** Estimación de valor patrimonial componente puentes

Puente	Condición según diagnóstico	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Valor estimado (₡)
1 Río Pirro - Heredia	Seria	12	8,72	104,6	₡102.730.320,00

**Cuadro 13.** Estimación de valor patrimonial componente aceras y cordón de caño

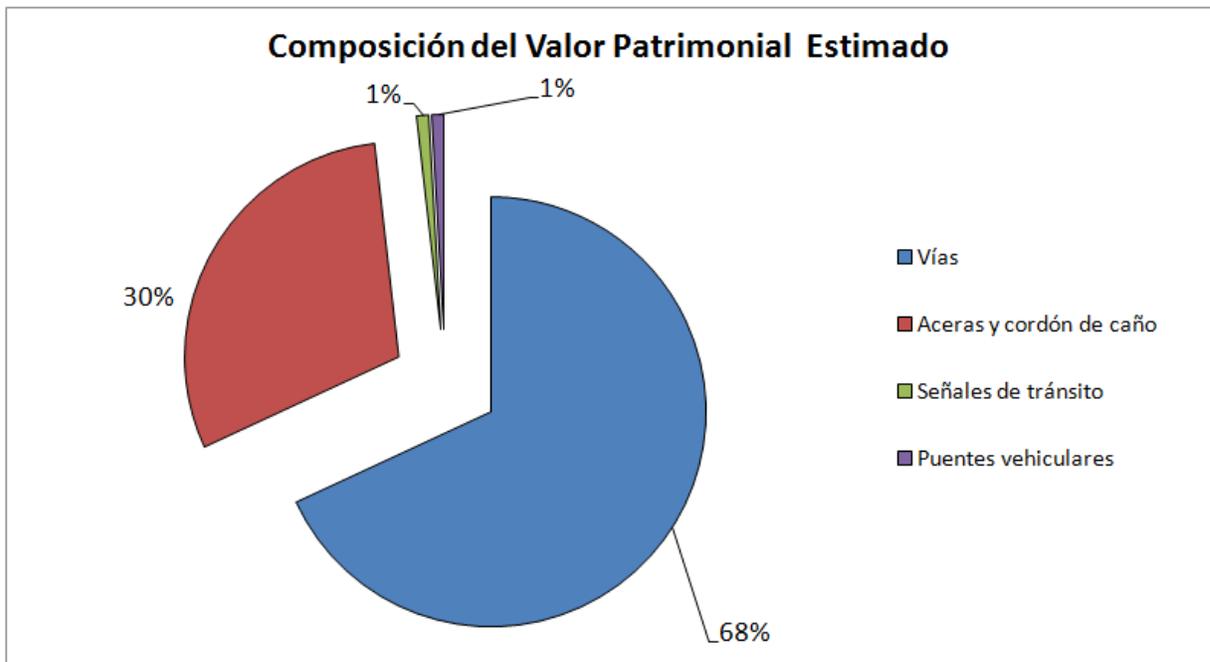
Elemento	Cantidad	Unidad de medición	Costo unitario (₡)	Valor estimado(₡)
Aceras peatonales de 0,10 cm espesor	126.558	m <sup>2</sup>	₡15.005,71	₡1.899.092.646,18
Cordón y caño 0,15cm altura	64.298	m	₡24.095,43	₡1.549.287.958.14

**Cuadro 14.** Estimación de valor patrimonial componente señales de tránsito

Elemento	Cantidad	Costo unitario (₡)	Valor estimado (₡)
Señales de Escuela / Cruce peatonal	21	₡64.475,42	₡1.353.983,82
Señales de velocidad máxima	3	₡64.475,42	₡193.426,26
Señales de Alto y líneas de parada	358	₡38.933,78	₡13.938.293,24
Señales de Ceda	11	₡38.933,78	₡428.271,58
Flechas	772	₡38.933,78	₡30.056.878,16
Señales de reglamentación	33	₡38.933,78	₡1.284.814,74
Señales de Escuela / Cruce peatonal	24	₡98.441,84	₡2.362.604,16
Señales de velocidad máxima	2	₡98.441,84	₡196.883,68
Señales de parada de autobuses	12	₡98.441,84	₡1.181.302,08
Señales de Ceda	6	₡98.441,84	₡590.651,04
Señales de Alto	250	₡98.441,84	₡24.610.460,00
Señales reglamentarias	168	₡98.441,84	₡16.538.229,12
Señales de prevención	13	₡98.441,84	₡1.279.743,92
Señales de estacionamiento	101	₡98.441,84	₡9.942.625,84

**Cuadro 15.** Estimación de valor patrimonial total

Componente	Valor Patrimonial (₡)
Vías	₡7.799.810.240,88
Aceras y cordón de caño	₡3.448.380.604,32
Señales de tránsito	₡103.958.167,64
Puentes vehiculares	₡102.730.320,00
<b>Total</b>	<b>₡11.454.879.332,84</b>
<b>Total</b>	<b>\$21.212.739,51</b>



**Figura 29.** Composición del valor patrimonial estimado en el distrito Central de Heredia



## 10 CONCLUSIONES

- El valor patrimonial estimado para los activos viales en el distrito Central de Heredia es de **₡11.454.879.332,84**, considerando la incorporación de los componentes: pavimento, puentes, aceras, cordones de caño y señales de tránsito. No se incluye en este monto el valor de otros posibles componentes como tuberías de aguas pluviales y alcantarillados.
- Aproximadamente un 68% del valor patrimonial corresponde a las vías pavimentadas, un 30% aceras y cordones de caño y un 1% a los puentes vehiculares.
- La mayoría de la red vial muestra comportamientos favorables, reflejados en valores altos de PCI, pocas zonas con valores de deflectometría altos e índices de regularidad en condición regular. Un 64% de la red vial muestra buen comportamiento estructural; en tanto que un 24% muestra comportamiento deficiente o muy deficiente.
- 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.
- Para el caso de este distrito, únicamente se inspeccionó un puente ubicado al sur de Heredia que se encontraba en condición Seria. Cabe mencionar que existen otros puentes que son limítrofes con otros distritos que ya fueron evaluados en informes anteriores.



- 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 Heredia Centro.
- 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	Jerarquía TPD	TPD	PCI Promedio	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor Patrimonial
				Subbase (cm)	Base (cm)	Carpeta (cm)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1-1	Secundaria	5468	86,00	16	15	14	1406	1318	2952	€194.229.583,93
1-2	Primaria	17554	97,00	22	15	17	1676	1143	3109	€229.621.760,28
1-3	Primaria	15309	85,00	22	15	17	2126	1450	3943	€255.211.049,15
1-4	Secundaria	7174	86,00	16	15	14	2318	2173	4867	€320.261.068,98
1-5	Secundaria	7936	90,00	16	15	14	621	582	1304	€89.793.384,04
1-6	Secundaria	7174	95,00	16	15	14	860	806	1805	€131.192.691,75
1-7	Primaria	11182	84,00	22	15	17	2477	1689	4594	€293.870.123,77
1-8	Secundaria	7936	84,00	16	15	14	1530	1435	3213	€206.520.787,72
1-9	Primaria	11182	98,00	22	15	17	1965	1340	3645	€271.982.144,22
1-10	Primaria	12017	90,00	22	15	17	724	494	1343	€92.062.437,01
1-11	Primaria	12017	82,00	22	15	17	786	536	1458	€91.008.727,68
1-12	Primaria	12017	96,00	22	15	17	1942	1324	3602	€263.301.972,06
1-13	Primaria	11771	100,00	22	15	17	495	338	918	€69.901.003,46
1-14	Primaria	12017	90,00	22	15	17	2212	1508	4102	€281.122.219,76
1-15	Primaria	12017	84,00	22	15	17	1946	1327	3610	€230.879.703,57
1-16	Secundaria	4831	87,00	16	15	14	233	218	489	€32.523.773,16
1-17	Secundaria	7174	64,00	16	15	14	1175	1101	2467	€120.794.974,38
1-18	Primaria	10326	83,00	22	15	17	1610	1098	2987	€188.752.276,87
1-19	Primaria	17970	85,00	22	15	17	1811	1235	3358	€217.348.115,06
1-20	Terciaria	2172	100,00	15	15	8,5	329	329	447	€38.435.346,44
1-21	Terciaria	1620	88,00	15	15	8,5	68	68	92	€6.952.375,20
1-22	Terciaria	2172	75,00	15	15	8,5	193	193	262	€16.895.187,81
1-23	Terciaria	2172	98,00	15	15	8,5	96	96	130	€10.956.798,00
1-24	Terciaria	2909	59,00	15	15	8,5	380	380	517	€26.205.820,41
1-25	Primaria	14036	88,00	22	15	17	1536	1047	2848	€190.855.936,44
1-26	Terciaria	2909	59,00	15	15	8,5	243	243	331	€16.753.597,67
1-27	Secundaria	4831	87,00	16	15	14	1179	1106	2477	€164.870.254,70
1-28	Secundaria	5893	90,00	16	15	14	1422	1333	2986	€205.604.645,18



Tramo	Jerarquía TPD	TPD	PCI Promedio	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor Patrimonial
				Subbase (cm)	Base (cm)	Carpeta (cm)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1-29	Secundaria	5893	95,00	16	15	14	1396	1309	2932	¢213.110.322,98
1-30	Primaria	21416	79,00	22	15	17	759	517	1407	¢84.619.133,20
1-31	Primaria	12017	99,00	22	15	17	1460	995	2707	¢204.078.051,28
1-32	Primaria	12017	94,00	22	15	17	650	443	1205	¢86.240.105,45
1-33	Primaria	12017	97,00	22	15	17	2770	1889	5138	¢379.481.104,13
1-34	Secundaria	7174	100,00	16	15	14	1579	1480	3315	¢253.631.919,02
1-35	Terciaria	2909	100,00	15	15	8,5	91	91	124	¢10.638.124,43
1-36	Secundaria	4136	97,00	16	15	14	1625	1523	3412	¢253.178.803,63
1-37	Primaria	11182	95,00	22	15	17	2185	1490	4053	¢293.162.022,02
1-38	Primaria	15309	99,00	22	15	17	2208	1505	4094	¢308.655.338,15
1-39	Secundaria	4136	97,00	16	15	14	223	209	468	¢34.699.183,49
1-40	Secundaria	4136	95,00	16	15	14	124	116	261	¢18.935.317,10
1-41	Secundaria	4136	99,00	16	15	14	108	102	228	¢17.239.742,70
1-42	Primaria	10326	87,00	22	15	17	217	148	403	¢26.720.594,87
1-43	Primaria	10326	85,00	22	15	17	774	528	1435	¢92.882.598,62
1-44	Secundaria	3127	85,00	16	15	14	170	159	356	¢23.166.941,14
2	Terciaria	2172	100,00	15	15	8,5	1268	1268	1725	¢148.175.324,02
3	Terciaria	2172	97,00	15	15	8,5	628	628	854	¢71.142.031,21
4	Terciaria	2172	84,00	15	15	8,5	894	894	1216	¢87.701.253,53
5	Primaria	14036	100,00	22	15	17	1011	690	1876	¢142.811.980,90
6	Terciaria	1620	82,00	15	15	8,5	132	132	180	¢12.687.366,30
7	Secundaria	6306	95,00	16	15	14	726	680	1524	¢110.770.524,38
8	Terciaria	1620	80,00	15	15	8,5	304	304	413	¢28.397.959,26
9	Terciaria	2172	96,00	15	15	8,5	670	670	911	¢75.146.663,40
10	Primaria	21416	82,00	22	15	17	694	473	1287	¢80.336.839,45
11	Terciaria	1620	95,00	15	15	8,5	377	377	512	¢41.791.119,06
12	Secundaria	4831	97,00	16	15	14	1432	1342	3006	¢223.113.249,94
13	Terciaria	1620	95,00	15	15	8,5	519	519	706	¢57.585.431,59
14	Primaria	9646	95,00	22	15	17	322	220	598	¢43.258.357,92
15	Secundaria	7936	95,00	16	15	14	337	316	707	¢51.378.738,79
16	Secundaria	4136	100,00	16	15	14	337	316	708	¢54.197.724,42
17	Primaria	15309	85,00	22	15	17	108	74	200	¢12.968.615,85
									<b>Total:</b>	<b>¢7.799.810.240,88</b>



Tabla de aceras y cordón de caño

<b>Cod_Muni-Tramo</b>	<b>Area (m2)</b>
401006_2	3.637,00
401020_4	1.601,86
401021_5	614,25
401029_14	219,04
401034_15	384,26
401044_10	1.216,96
401048_12	3.092,62
401049_11	1.081,73
401052_1.00	97,44
401052_1-1	3.031,73
401052_1-10	2.334,66
401052_1-11	1.700,42
401052_1-12	4.608,49
401052_1-13	409,94
401052_1-14	4.968,12
401052_1-15	3.321,12
401052_1-16	588,46
401052_1-17	2.233,84
401052_1-18	3.205,40
401052_1-19	1.383,65
401052_1-2	2.897,27
401052_1-20	1.137,72
401052_1-21	208,54
401052_1-22	744,43
401052_1-23	251,21
401052_1-24	1.078,76
401052_1-25	3.548,70
401052_1-27	3.751,99
401052_1-28	3.513,62
401052_1-29	4.587,02
401052_1-3	3.638,65



Cod_Muni-Tramo	Area (m2)
401052_1-30	1.843,68
401052_1-31	2.620,75
401052_1-32	1.491,77
401052_133	25,48
401052_1-33	5.409,39
401052_1-34	4.272,97
401052_1-35	253,03
401052_1-36	4.612,65
401052_1-37	4.550,52
401052_1-38	4.546,24
401052_1-39	572,93
401052_1-4	3.565,19
401052_1-40	258,89
401052_1-41	242,56
401052_1-42	383,12
401052_1-43	1.366,51
401052_1-5	1.583,55
401052_1-6	2.226,28
401052_1-7	5.055,89
401052_1-8	3.987,82
401052_1-9	4.231,37
401052_2	413,06
401056_6	245,31
401102_13	1.385,26
401103_7	1.074,51
401104_8	811,33
401106_9	1.630,56
401107_3	1.778,84
401110_16	1.029,81
<b>Total</b>	<b>126.558,17</b>



<b>Cod_Muni-Tramo</b>	<b>Longitud (m)</b>
401006-2	1.620,54
401006-2	267,40
401020-4	856,38
401021-5	197,84
401029-14	164,18
401034-15	179,05
401044-10	760,29
401048-12	1.794,62
401049-11	771,11
401052-1	37,74
401052-1-1	1.345,87
401052-1-10	838,26
401052-1-11	815,17
401052-1-12	2.261,76
401052-1-13	97,48
401052-1-14	2.131,02
401052-1-15	1.938,76
401052-1-16	279,84
401052-1-17	991,35
401052-1-18	1.600,50
401052-1-19	941,23
401052-1-2	1.296,69
401052-1-20	473,98
401052-1-21	44,95
401052-1-22	35,56
401052-1-23	78,80
401052-1-24	418,81
401052-1-25	1.729,81
401052-1-27	1.955,62



Cod_Muni-Tramo	Longitud (m)
401052-1-28	1.696,38
401052-1-29	2.221,13
401052-1-3	1.870,20
401052-1-30	856,36
401052-1-31	1.176,47
401052-1-32	757,32
401052-1-33	2.707,80
401052-1-34	2.230,78
401052-1-35	172,70
401052-1-36	2.108,29
401052-1-37	3.541,05
401052-1-38	2.197,31
401052-1-39	267,28
401052-1-4	1.669,53
401052-1-40	147,95
401052-1-41	159,83
401052-1-42	184,31
401052-1-43	598,13
401052-1-5	824,33
401052-1-6	1.121,17
401052-1-7	2.387,67
401052-1-8	1.942,77
401052-1-9	1.943,70
401056-6	167,92
4011003-7	49,79
401102-13	851,77
401103-7	715,95
401104-8	724,47
401106-9	1.095,35
401107-1	43,91
401107-3	999,74
401110-16	748,01
401144-10	17,56
40152-1-13	176,29
<b>Total</b>	<b>64.297,83</b>



Estructuras de precios unitarios

204(1) SUBBASE GRADUACIÓN D							
<b>EXTRACCIÓN</b>							
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Encargado	3	1.661,64	10	49.849,09		
	Topografía	1	3.848,00	10	38.480,00		
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00		
	Operador 2	4	1.960,73	0	0,00		
	Viaticos	3.148,36	10	125.934,55	18.189,60	363,79	50
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Compresor 185	0	114.297,51	0	0,00		
	Excavadora (pala) 322 CL	0	8.132,77	0	0,00		
	Tractor D8T	0	41.588,25	0	0,00		
	Excavadora (pala) 330CL M8	1	73.003,12	0	0,00		
	Vagoneta-roquera R685SX	1	77.515,09	10	775.150,93		
	3	34.204,46	10	1.026.133,67	1.801.294,60		
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Dinamita	700	1.770,00	0	1.239.000,00		
	-----	0	590,00	0	0,00		
	-----	0	0,00	0	0,00		
	-----	0	0,00	0	0,00		
	-----	0	0,00	0	0,00		
Subtotal		3.272.737,84					
Produccion		650,00					
Costo		5.034,98					
<b>TRITURACIÓN</b>							
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Encargado	3	1.661,64	10	49.849,09		
	Topografía	1	3.848,00	10	38.480,00		
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00		
	Operador 2	3	1.960,73	0	0,00		
	Viaticos	3.148,36	10	94.450,91	14.551,68	363,79	40
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Cargador 980H	1	46.426,29	10	464.262,91		
	Quebrador 30X42 (primario)	1	57.149,11	10	571.491,10		
	Triturador De Finos B8100 (s)	1	39.557,93	10	395.579,31		
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	86.124,80	10	861.247,98		
	Criba	1	4.369,92	10	43.699,19		
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	13.115,38	10	131.153,84		
	-----	1	4.369,92	10	43.699,19		
	-----	0	0,00	0	0,00		
Subtotal		2.708.465,22					
Produccion		600,00					
Costo		4.514,11					
<b>COLOCACIÓN</b>							
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Encargado	3	1.661,64	10	49.849,09		
	Topografía	1	3.848,00	10	38.480,00		
	Operario 1	0	2.063,93	0	0,00		
	Operador 2	10	1.960,73	0	0,00		
	Viaticos	3.148,36	8	251.869,09	32.741,28	363,79	90
Equipo	Tanque Almacenamiento De	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Compactador Vibratorio CS-	1	9.537,59	8	76.300,76		
	Niveladora 140H	1	16.968,07	8	135.744,58		
	-----	1	38.598,38	8	308.787,06		
	Vagoneta CV713 GRANITE	7	0,00	0	0,00		
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)		
	Trituración	600	22.542,77	8	1.262.395,26		
	-----	7	0,00	0	0,00		
	-----	0	0,00	0	0,00		
	-----	0	0,00	0	0,00		
Subtotal		7.885.621,11					
Produccion		600,00					
Costo		13.142,70					
Factor produccion	1						
Administracion del proyecto	5%	657,14					
Imprevisto	5%	657,14					
Administracion oficina central	5%	657,14					
Utilidad	10.0%	1.314,27					
		<b>€/m3</b>	<b>16.428,38</b>				
Costo Fijo				21,10%			
Repuestos				15,22%			
Combustible				17,21%			
Lubricantes				4,11%			
Llantas				2,80%			
Mano de Obra				7,96%			
Materiales				11,60%			
Administración				8,00%			
Imprevisto				4,00%			
Utilidad				8,00%			
<b>Total</b>				<b>100%</b>			



304(4) BASE AGREGADOS TRITURADOS					
<b>EXTRACCIÓN</b>					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	3	1.661,64	11	54.834,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	6	3.498,18	11	230.880,00
	Viaticos		363,79	77	28.011,98
					<b>356.053,98</b>
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compresor 185	0	114.297,51	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	8.132,77	0	0,00
	Tractor D8T	1	41.588,25	10	415.882,46
	Excavadora (pala) 330CL ME	0	73.003,12	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685SX	4	77.515,09	10	775.150,93
				<b>1.368.178,23</b>	
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
				<b>1.239.000,00</b>	
Subtotal		4.154.265,60			
Produccion		650,00			
Costo		6.391,18			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	3	1.661,64	11	54.834,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 3	4	3.498,18	11	153.920,00
	Viaticos		363,79	55	20.008,56
					<b>271.090,56</b>
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cargador 980H	1	46.426,29	10	464.262,91
	Quebrador 30X42 (primario)	1	57.149,11	10	571.491,10
	Triturador De Finos B8100 (secundario)	1	39.557,93	10	395.579,31
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	86.124,80	8	688.998,39
	Criba	1	4.369,92	10	43.699,19
	Generador eléctrico 20 kW	1	13.115,38	10	131.153,84
	Barmac	1	7.104,58	10	71.045,79
		0	43.749,85	0	0,00
				<b>2.366.230,55</b>	
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
				<b>0,00</b>	
Subtotal		2.637.321,11			
Produccion		650,00			
Costo		4.057,42			
<b>COLOCACIÓN</b>					
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 2	0	3.498,18	10	0,00
	Operador 3	16	3.148,36	10	503.738,18
	Viaticos		363,79	200	72.758,40
				<b>743.359,85</b>	
Equipo	Tanque Almacenamiento De Agua	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Compactador Vibratorio CS-533E	3	9.537,59	11	314.740,62
	Recuperadora RM350	2	16.968,07	4	135.744,58
	Niveladora 140H	0	84.231,00	0	0,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	1	38.598,38	4	154.393,53
	10	22.542,77	8	1.803.421,80	
				<b>2.408.300,53</b>	
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Trituración	650	6.391,18	1	4.154.265,60
	-----	650	4.057,42	1	2.637.321,11
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				<b>6.791.586,71</b>	
Subtotal		9.943.247,09			
Produccion		700,00			
Costo		14.204,64			
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	710,23			
Imprevisto	5%	710,23			
Administracion oficina central	5%	710,23			
Utilidad	10,0%	1.420,46			
		<b>€m3</b>	<b>17.755,80</b>		
Costo Fijo				19,75%	
Repuestos				14,15%	
Combustible				17,74%	
Lubricantes				4,31%	
Liantas				3,06%	
Mano de Obra				11,03%	
Materiales				9,97%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
				<b>100%</b>	



403(1) PAVIMENTO BITUMINOSO EN CALIENTE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 19.10 MM				Tipo de cambio	1,00
<b>EXTRACCIÓN</b>					
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	114.297,51	0	0,00
	Compresor 185	0	8.132,77	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	41.588,25	10	0,00
	Tractor D8T	0	73.003,12	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	77.515,09	10	775.150,93
	Vagoneta-roquera R685SX	4	34.204,46	10	1.368.178,23
				2.143.329,16	
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		3.385.278,50			
Produccion		550,00			
Costo		6.155,05			
<b>TRITURACIÓN</b>					
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	46.426,29	10	464.262,91
	Cargador 980H	1	57.149,11	10	571.491,10
	Quebrador 30X42 (primario)	1	39.557,93	10	395.579,31
	Triturador De Finos B8100 (secund:	1	86.124,80	10	861.247,98
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.369,92	10	174.796,77
	Criba	1	13.115,38	10	131.153,84
	Generador eléctrico 250 kW	1	57.098,56	10	570.985,63
Barmac	1	43.749,85	10	437.498,54	
				3.607.016,10	
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		3.853.462,07			
Produccion		450,00			
Costo		8.563,25			



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	193.876,17	10	1.938.761,72
	Cargador 966H	1	46.426,29	10	464.262,91
	Planta De Asfalto RM-40 A	1	114.102,79	10	1.141.027,88
	Back Hoe 416 E	1	22.758,73	10	227.587,32
	Diesel caldera	1	348,00	450	156.600,00
	Diesel planta electrica	1	348,00	450	156.600,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	2	22.542,77	8	360.684,36
					<b>4.445.524,19</b>
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
					<b>4.077.000,00</b>
Subtotal		8.753.857,82			
Produccion		450,00			
Costo		19.453,02			
COLOCACIÓN					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	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
					<b>557.117,79</b>
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Tanque Almacenamiento De Agua	1	9.537,59	10	95.375,94
	Compactadora 2 Bolillos CB-534C	2	11.206,88	10	224.137,55
	Compactador ( Llantas De Hule ) C	2	17.371,42	10	347.428,40
	Distribuidor De Asfalto F75	1	20.729,39	10	207.293,94
	Finisher AP-1050	1	89.152,30	10	891.523,05
Vagoneta CV713 GRANITE	5	22.542,77	10	1.127.138,62	
					<b>2.892.897,51</b>
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Extraccion	550	6.155,05	1	3.385.278,50
	Trituración	450	8.563,25	1	3.853.462,07
	Producción de la mezcla	450	19.453,02	1	8.753.857,82
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					<b>15.992.598,38</b>
Subtotal		19.442.613,68			
Produccion		400,00			
Costo		48.606,53			
Factor produccion					
Administracion del proyecto	5%	2.430,33			
Imprevisto	5%	2.430,33			
Administracion oficina central	5%	2.430,33			
Utilidad	10,0%	4.860,65			
		<b>¢/ton</b>	<b>60.758,17</b>		
Costo Fijo				17,02%	
Repuestos				13,24%	
Combustible				17,75%	
Lubricantes				3,05%	
Llantas				1,50%	
Mano de Obra				5,36%	
Materiales				20,78%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
				<b>Total</b>	<b>100,00%</b>



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
<b>EXTRACCIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.661,64	11	54.834,00
	Encargado	1	3.848,00	11	42.328,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	3	3.148,36	11	103.896,00
	Viaticos		363,79	44	16.006,85
				217.064,85	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Track Drill	0	114.297,51	0	0,00
	Compresor 185	0	8.132,77	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	41.588,25	10	415.882,46
	Tractor D8T	0	73.003,12	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	77.515,09	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	34.204,46	10	684.089,12
				1.099.971,58	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Canon	500	1.770,00	1	885.000,00
	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
				885.000,00	
Factor de produccion		1,40			
Subtotal		2.202.036,43			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		4.893,41			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.661,64	11	54.834,00
	Encargado	1	3.848,00	11	42.328,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	4	3.148,36	11	138.528,00
	Viaticos		363,79	55	20.008,56
				255.698,56	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Cargador 966H	1	46.426,29	8	371.410,33
	Cargador 980H	1	57.149,11	8	457.192,88
	Quebrador 30X42 (prim	1	39.557,93	8	316.463,45
	Triturador De Finos B8	1	86.124,80	8	688.998,39
	Combeyor (faja 30 X 14	4	4.369,92	8	139.837,42
	Criba	1	13.115,38	8	104.923,07
	Generador eléctrico 100	1	193.876,17	8	1.551.009,38
Barmac	0	43.749,85	0	0,00	
				3.629.834,92	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	-----	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		3.885.533,48			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		8.634,52			



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
PRODUCCION DEL HORMIGON					
		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Mano de Obra	Peon	1	1.661,64	6	9.969,82
	Encargado	0	3.848,00	0	0,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 2	0	2.167,12	0	0,00
	Operador 2	4	3.148,36	8	100.747,64
	Viaticos		363,79	32	11.641,34
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Generador eléctrico 100	1	193.876,17	10	1.938.761,72
	Cargador 966H	1	46.426,29	10	464.262,91
	Planta de concreto	1	114.102,79	10	1.141.027,88
	Vagoneta CV713 GRAN	1	22.542,77	10	225.427,72
	Tanque Almacenamiento	1	9.537,59	10	95.375,94
					3.864.856,18
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	156	6.100,00	1	951.600,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					951.600,00
Subtotal		4.938.814,98			
Produccion		60,00			
Costo		82.313,58			
COLOCACION					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Peon	6	1.661,64	10	99.698,18
	Encargado	1	3.848,00	4	15.392,00
	Topografía	1	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	2	1.960,73	10	39.214,62
	Operador 2	1	3.148,36	10	31.483,64
	Viaticos		363,79	34	12.368,93
					198.157,36
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Vibrador de concreto de	1	1.273,10	5	6.365,52
	Mezcladora (chompipa)	2	47.047,15	4	376.377,16
					382.742,69
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Extraccion	24,0	4.893,41	1	117.441,94
	Trituración	24,0	8.634,52	1	207.228,45
	Producción del hormigón	24,0	82.313,58	1	1.975.525,99
	Cemento Portland Saco	0,0	6.100,00	0	0,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
	Formaleta	0	1.000,00	0	0,00
					2.300.196,39
Subtotal		2.881.096,44			
Produccion		24,00			
Costo		120.045,68			
Espesor (m)	0,1				
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	6.002,28			
Imprevisto	5%	6.002,28			
Administracion oficina central	5%	6.002,28			
Utilidad	10,0%	12.004,57			
	¢/m3	150.057,11			
	¢/m2	15.005,71			
Costo Fijo			16,48%		
Repuestos			12,76%		
Combustible			26,76%		
Lubricantes			3,18%		
Llantas			1,39%		
Mano de Obra			7,56%		
Materiales			11,88%		
Administración			8,00%		
Imprevisto			4,00%		
Utilidad			8,00%		
			<b>Total</b>	<b>100%</b>	



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA				Tipo de cambio	1,00
<b>EXTRACCIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.661,64	11	54.834,00
	Encargado	1	3.848,00	11	42.328,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	3	3.148,36	11	103.896,00
	Viaticos		363,79	44	16.006,85
				217.064,85	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	114.297,51	0	0,00
	Compresor 185	0	8.132,77	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	41.588,25	10	415.882,46
	Tractor D8T	0	73.003,12	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	77.515,09	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	34.204,46	10	684.089,12
				1.099.971,58	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	500	1.770,00	1	885.000,00
	Dinamita	500	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
				885.000,00	
Factor de produccion		0,90			
Subtotal		2.202.036,43			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		4.893,41			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.661,64	11	54.834,00
	Encargado	1	3.848,00	11	42.328,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 1	0	1.960,73	0	0,00
	Operador 2	4	3.148,36	11	138.528,00
	Viaticos		363,79	55	20.008,56
				255.698,56	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	46.426,29	8	371.410,33
	Cargador 980H	1	57.149,11	8	457.192,88
	Quebrador 30X42 (prim	1	39.557,93	8	316.463,45
	Triturador De Finos B8	1	86.124,80	8	688.998,39
	Combeyer (faja 30 X 14	3	4.369,92	8	104.878,06
	Criba	1	13.115,38	8	104.923,07
	Generador eléctrico 20	1	7.104,58	8	56.836,63
Barmac	0	43.749,85	0	0,00	
				2.100.702,82	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	-----	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		2.356.401,38			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		5.236,45			



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA					
PRODUCCION DEL HORMIGON					
		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Mano de Obra	Peon	2	1.661,64	10,0	33.232,73
	Encargado	1	3.848,00	10	38.480,00
	Topografía	0	2.063,93	0	0,00
	Operario 2	0	2.167,12	0	0,00
	Operador 2	1	3.148,36	3,0	9.445,09
	Viaticos		363,79	13	4.729,30
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Planta de Concreto	1	114.102,79	1	57.051,39
	Back Hoe 416 E	1	22.758,73	1	11.379,37
	Mezcladora de concreto	0	1.916,89	0	0,00
	Vagoneta CV713 GRAN	1	22.542,77	1	11.271,39
	Pick Up Hilux DX	1	9.027,76	1	9.027,76
					88.729,91
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	6	6.100,00	1	36.600,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					36.600,00
Subtotal			211.217,02		
Produccion			1,00		
Costo			211.217,02		
COLOCACIÓN					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Peon	6	1.661,64	10	99.698,18
	Encargado	1	3.848,00	4	15.392,00
	Topografía	1	2.063,93	1	2.063,93
	Operario 1	2	1.960,73	10	39.214,62
	Operador 2	0	3.148,36	0	0,00
	Viaticos		363,79	25	9.094,80
					165.463,53
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Vibrador de concreto de	1	1.273,10	4	5.092,42
	Mezcladora (chompipa)	1	47.047,15	1	47.047,15
					52.139,57
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Extraccion	6,0	4.893,41	1	29.360,49
	Trituración	6,0	5.236,45	1	31.418,69
	Producción del hormigón	6,0	211.217,02	1	1.267.302,13
	Cemento Portland Saco	0,0	6.100,00	0	0,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
	Formaleta	6	1.000,00	2	12.000,00
					1.340.081,30
Subtotal			1.557.684,39		
Produccion			6,00		
Costo			259.614,07		
Volumen de cordón		0,07425			
Factor produccion		1			
Administracion del proyecto		5%	12.980,70		
Imprevisto		5%	12.980,70		
Administracion oficina central		5%	12.980,70		
Utilidad		10,0%	25.961,41		
		¢/m3	324.517,58		
		¢/m	24.095,43		
Costo Fijo			14,41%		
Repuestos			10,30%		
Combustible			5,83%		
Lubricantes			0,89%		
Llantas			0,79%		
Mano de Obra			35,29%		
Materiales			12,50%		
Administración			8,00%		
Imprevisto			4,00%		
Utilidad			8,00%		
Total			100%		



107(3)E EQUIPO MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA MARCAR LETREROS DE ALTO				Tipo de cambio	1,00
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	4	1.661,64	8	53.172,36
	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 1	1	2.623,64	8	20.989,09
	Viaticos		363,79	16	5.820,67
					110.766,13
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Equipo menor 1 (herramie	1	15.000,00	8	120.000,00
	Camion DYNA (7 ton)	1	13.743,89	10	137.438,85
					257.438,85
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pintura blanca (cubeta)	1	95.000,00	2,5	237.500,00
	Solvente	1	32.000,00	1,50	48.000,00
	Esferas (saco 50kg)	1	40.000,00	3	120.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					405.500,00
Subtotal		773.704,98			
<b>Produccion</b>		<b>15,00</b>			
Costo		51.580,33			
Administracion del proyecto	5%	2.579,02			
Imprevisto	5%	2.579,02			
Administracion oficina central	5%	2.579,02			
Utilidad	10,0%	5.158,03			
		<b>¢/unidad</b>	<b>64.475,42</b>		
		<b>Costo Fijo</b>		11,25%	
		Repuestos		3,71%	
		Combustible		6,58%	
		Lubricantes		4,21%	
		Llantas		0,88%	
		Mano de Obra		11,45%	
		Materiales		41,93%	
		Administración		8,00%	
		Imprevisto		4,00%	
		Utilidad		8,00%	
		<b>Total</b>		<b>100%</b>	
		<b>ESTRUCTURA MATERIALES</b>			
		Pintura blanca (cu		58,57%	
		Solvente		11,84%	
		Esferas (saco 50k		29,59%	
		-----		0,00%	
		-----		0,00%	
		<b>Total</b>		<b>100,00%</b>	



R-1-2 LETRERO DE CEDA				Tipo de cambio	1,00
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	4	1.661,64	8	53.172,36
	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 1	0	2.623,64	0	0,00
	Viaticos		363,79	4	1.455,17
					70.019,53
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pick Up Hilux DX	1	9.027,76	8	72.222,09
					72.222,09
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Señales verticales	12	65.000,00	1	780.000,00
	Concreto	0,2	95.000,00	1	22.800,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					802.800,00
Subtotal		945.041,62			
<b>Produccion</b>		<b>12,00</b>			
Costo		78.753,47			
Administracion del proyecto	5%	3.937,67			
Imprevisto	5%	3.937,67			
Administracion oficina central	5%	3.937,67			
Utilidad	10,0%	7.875,35			
	<b>¢/unidad</b>	<b>98.441,84</b>			
Costo Fijo				1,44%	
Repuestos				0,82%	
Combustible				3,41%	
Lubricantes				0,21%	
Llantas				0,25%	
Mano de Obra				5,93%	
Materiales				67,96%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
<b>Total</b>				<b>100%</b>	
<b>ESTRUCTURA MATERIALES</b>					
Señales verticales					97,16%
Concreto					2,84%
-----					0,00%
-----					0,00%
<b>Total</b>					<b>100,00%</b>



Memorias de cálculo pavimentos

HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Heredia-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Heredia-Heredia (CALLES PRIMARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
<b>Paso 1 Cálculo del SN</b>			
Parámetros de entrada			
Ejes equivalentes	$W_{18}$	6263523,36	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 $\mu_f$
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	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		4,66608E-05	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>4,331</b>	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)	
$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ (2)	$SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1$ (4)	$SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2$ (7)	
	$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2}$ (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	0,00032599		
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>2,632</b>	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	5,982 "	15,19 cm	
D1* (utilizado)	6,102 "	<b>15,5 cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> Ok
SN1* de ec (5)	2,685		
Valor de precisión solver al igualar a 0	-0,000110834		
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>3,389</b>	De (10)	Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)
a2	0,135		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m2	1,00		
D2 min de ec (6)	5,215 "	13,24 cm	
D2* (utilizado)	5,906 "	<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> Ok
SN2* de ec (7)	0,797		
SN1*+SN2* de ec (8)	3,48 >	3,389	Ok
<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>4,331</b>	De (11) o (1)	De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
a3	0,110		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m3	1,00		
D3 min de ec (8)	7,716 "	19,60 cm	
D3* utilizado	7,874 "	<b>20 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> Ok



HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Heredia-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Heredia-Heredia (CALLES SECUNDARIAS)		
<b>Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles</b>			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
<b>Paso 1 Cálculo del SN</b>			
<u>Parámetros de entrada</u>			
Ejes equivalentes	$W_{18}$	1930039,29	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiabilidad	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	$M_{ref}$	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas $\mu$
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	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000352166	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>3,595</b>	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)	
$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ (2)	$SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1$ (4)	$SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2$ (7)	
	$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2}$ (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	-0,000405106		
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>2,162</b>	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	4,914 "	12,48 cm	
D1* (utilizado)	4,921 "	<b>13 cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> Ok
SN1* de ec (5)	2,165		
Valor de precisión solver al igualar a 0	9,87507E-06		
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>2,789</b>	De (10)	Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)
a2	0,135		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m2	1,00		
D2 min de ec (6)	4,620 "	11,73 cm	
D2* (utilizado)	5,906 "	<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> Ok
SN2* de ec (7)	0,797		
SN1*+SN2* de ec (8)	2,96 >	2,789	Ok
<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>3,595</b>	De (11) o (1)	De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
a3	0,110		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m3	1,00		
D3 min de ec (8)	5,749	14,60 cm	
D3* utilizado	5,906	<b>15 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> Ok



HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Heredia-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Heredia-Heredia (CALLES TERCARIAS)		
<b>Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles</b>			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
<b>Paso 1 Cálculo del SN</b>			
<u>Parámetros de entrada</u>			
Ejes equivalentes	$W_{18}$	165033,52	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 $\mu f$
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	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000354345	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>2,265</b>	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)
$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ (2)	$SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1$	(4)	$SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2$ (7)
	$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2}$	(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	0,000744078		
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>1,320</b>	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	3,000"	7,62 cm	
D1* (utilizado)	3,150"	<b>8,0 cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> Ok
SN1* de ec (5)	1,386		
Valor de precisión solver al igualar a 0	0,000292784		
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>1,743</b>	De (10)	Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)
a2	0,135		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m2	1,00		
D2 min de ec (6)	2,646"	6,72 cm	
D2* (utilizado)	5,906"	<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> Ok
SN2* de ec (7)	0,797		
SN1*+SN2* de ec (8)	2,18 >	1,743	Ok
<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>2,265</b>	De (11) o (1)	De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
a3	0,110		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m3	1,00		
D3 min de ec (8)	0,745	1,89 cm	
D3* utilizado	5,906	<b>15 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> Ok