



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  
SAN FRANCISCO DE HEREDIA:

ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL  
PATRIMONIO VIAL

LM-PI-GM-INF-08-16

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



programa de infraestructura  
del transporte

PITRA

San José, Costa Rica  
Noviembre, 2016

UGM

Unidad de  
Gestión Municipal

# DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO SAN FRANCISCO - 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 informe contiene el análisis de aproximadamente 53 km de la red vial del distrito San Francisco en el Cantón de Heredia, donde se identificaron un total de 70 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 han inspeccionado 6 estructuras de puentes 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 \$10.150.020.964,43.

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

---

## Referencias

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

# EVALUATION OF THE CANTONAL ROAD NETWORK OF DISTRICT SAN FRANCISCO - 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 53 km of the cantonal road network in district San Francisco of Heredia Town, 70 analysis sections were identified and studied by field essays: Deflectometry, IRI (International regularity index), vehicular counts, Pavement Condition Index (PCI).

Furthermore 6 vehicular bridges 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 ₡10.150.020.964,43.

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. 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.

Quesada-Campos, J., & Xu-Ye, L. (2016). *Diagnóstico de la Red Vial Cantonal en el Distrito San Francisco de Heredia: Estimación del valor del patrimonio vial*. San José: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA





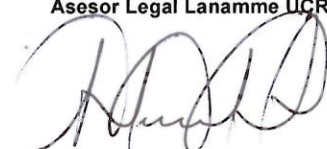

LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte  
(PITRA)

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

Preparado por:  
Unidad de Gestión Municipal  
LanammeUCR

San José, Costa Rica  
Noviembre, 2016

<b>1. Informe</b> LM-PI-UGM-INF-08-16		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO SAN FRANCISCO DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL		<b>4. Fecha del Informe:</b> Noviembre, 2016
<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 53 km de la red vial del distrito San Francisco en el Cantón de Heredia, donde se identificaron un total de 70 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 han inspeccionado 6 estructuras de puentes 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 ₡10.150.020.964,43. 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> 81
<b>13. Preparado por:</b>  Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng. Unidad de Gestión Municipal   Fecha: 20 / 11 / 16		<b>15. Colaboradores</b>  Ing. Lilly Xu Ye Unidad de Gestión Municipal  Ing. Christian Valverde C. Unidad Evaluación Red Vial Nacional
<b>15. Revisado por:</b>  Lic. Carlos Campos Cruz Coordinador Unidad de Gestión Municipal   Fecha: 21 / 11 / 16	<b>16. Revisado por:</b>  Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR   Fecha: / /	<b>17. Aprobado por:</b>  Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD. Coordinador General PITRA   Fecha: / /



## 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>7</b>
3.1	IMPORTANCIA.....	7
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 SAN FRANCISCO</b> .....	<b>13</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.....	24
5.5	TRAMOS ANALIZADOS .....	29
5.6	EVALUACIÓN POR MEDIO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) .....	30
5.7	INVENTARIO DE ACERAS, CORDONES DE CAÑO Y SEÑALES DE TRÁNSITO .....	33
5.8	EVALUACIÓN DE PUENTES.....	35
<b>6</b>	<b>ESTIMACIÓN DE COSTOS</b> .....	<b>39</b>
6.1	COSTO DE MATERIALES PARA CAMINOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO .....	39
6.2	COSTO DE PUENTES VEHICULARES.....	41
<b>7</b>	<b>ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO</b> .....	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES</b> .....	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL</b> .....	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>56</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>58</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL.....	20
TABLA 2. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI).....	31
TABLA 3. INVENTARIO DE ACERAS Y CORDONES DE CAÑO.....	33
TABLA 4. INVENTARIO DE SEÑALES VIALES HORIZONTALES .....	34
TABLA 5. INVENTARIO DE SEÑALES VIALES VERTICALES.....	34
TABLA 6. CATEGORÍAS Y DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES PARA EVALUACIÓN DE PUENTES VEHICULARES.....	35
TABLA 7. RESUMEN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN EN PUENTES .....	37
TABLA 8. COSTOS DE LOS MATERIALES CALCULADOS .....	40
TABLA 9. CALCULO DEL COSTO POR METRO CUADRADO DE PUENTE VEHICULAR TÍPICO...	42
TABLA 10. VARIABLES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE .....	43
TABLA 11. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PAVIMENTO .....	49
TABLA 12. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PAVIMENTO (CONTINUACIÓN) .....	50
TABLA 13. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PUENTES .....	51
TABLA 14. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE ACERAS Y CORDÓN DE CAÑO .....	51
TABLA 15. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE SEÑALES DE TRÁNSITO....	52
TABLA 16. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL TOTAL.....	53

## 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 DISTRITO SAN FRANCISCO.....	14
<b>FIGURA 5.</b> UBICACIÓN DE LOS CONTEOS Y RESULTADOS DE TPD EN EL DISTRITO SAN FRANCISCO .....	15
<b>FIGURA 6.</b> CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN DISTRITO SAN FRANCISCO SEGÚN MUNICIPALIDAD .....	17
<b>FIGURA 7.</b> CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN DISTRITO SAN FRANCISCO SEGÚN TRANSITO PROMEDIO DIARIO MEDIDO .....	18
<b>FIGURA 8.</b> REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL. ....	19
<b>FIGURA 9.</b> PERFILÓMETRO INERCIAL LÁSER. ....	20

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 4 de 81
--	-----------------------------------	----------------





FIGURA 10. RESULTADOS DEL IRI PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO..... 21

FIGURA 11. RESULTADOS DEL IRI PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO..... 22

FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN EL IRI..... 23

FIGURA 13. EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO..... 24

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

FIGURA 15. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA Y TPD, PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE ESTABILIZADA. .... 25

FIGURA 16. RESULTADOS DEL FWD PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN SAN FRANCISCO. .... 26

FIGURA 17. RESULTADOS DEL FWD PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN SAN FRANCISCO..... 27

FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN FWD..... 28

FIGURA 19. TRAMOS ANALIZADOS. .... 29

FIGURA 20. VISUALIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE PCI. ... 30

FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN PCI..... 31

FIGURA 22. RESULTADOS DE PCI PARA DISTRITO SAN FRANCISCO ..... 32

FIGURA 23. MUESTRA DE ARCHIVOS .KML DE ACERAS EN SAN FRANCISCO ..... 33

FIGURA 24. UBICACIÓN DE PUENTES INSPECCIONADOS ..... 36

FIGURA 25. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS PRIMARIAS..... 44

FIGURA 26. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS SECUNDARIAS..... 44

FIGURA 27. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS Terciarias ..... 45

FIGURA 28. CURVA DE DETERIORO PARA PAVIMENTOS (VIDA ÚTIL 20 AÑOS)..... 46

FIGURA 29. CURVA DE DETERIORO PARA PUENTES (VIDA ÚTIL 50 AÑOS) ..... 47

FIGURA 30. COMPOSICIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL ESTIMADO EN EL DISTRITO SAN FRANCISCO..... 53



## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante el oficio **PRMH-0786-2015** de fecha 10 de noviembre de 2015, 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 (FUNDEVI), de acuerdo con los Lineamientos de Vinculación Externa de la Universidad de Costa Rica, se presente oferta para participar en la contratación directa N° 2015CD-000403-01, para que el LanammeUCR ejecute el diagnóstico de la infraestructura vial de los distritos Mercedes y San Francisco 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; mediante el informe LM-PI-GM-INF-03-16 se presentaron los resultados en el distrito Mercedes y por medio del presente informe se muestran los resultados en el distrito San Francisco.

## 2 OBJETIVO

Realizar una evaluación de la RVC del distrito San Francisco 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.

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 6 de 81
--	-----------------------------------	----------------



### 3 PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL

#### 3.1 Importancia

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

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

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 7 de 81
--	-----------------------------------	----------------

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.

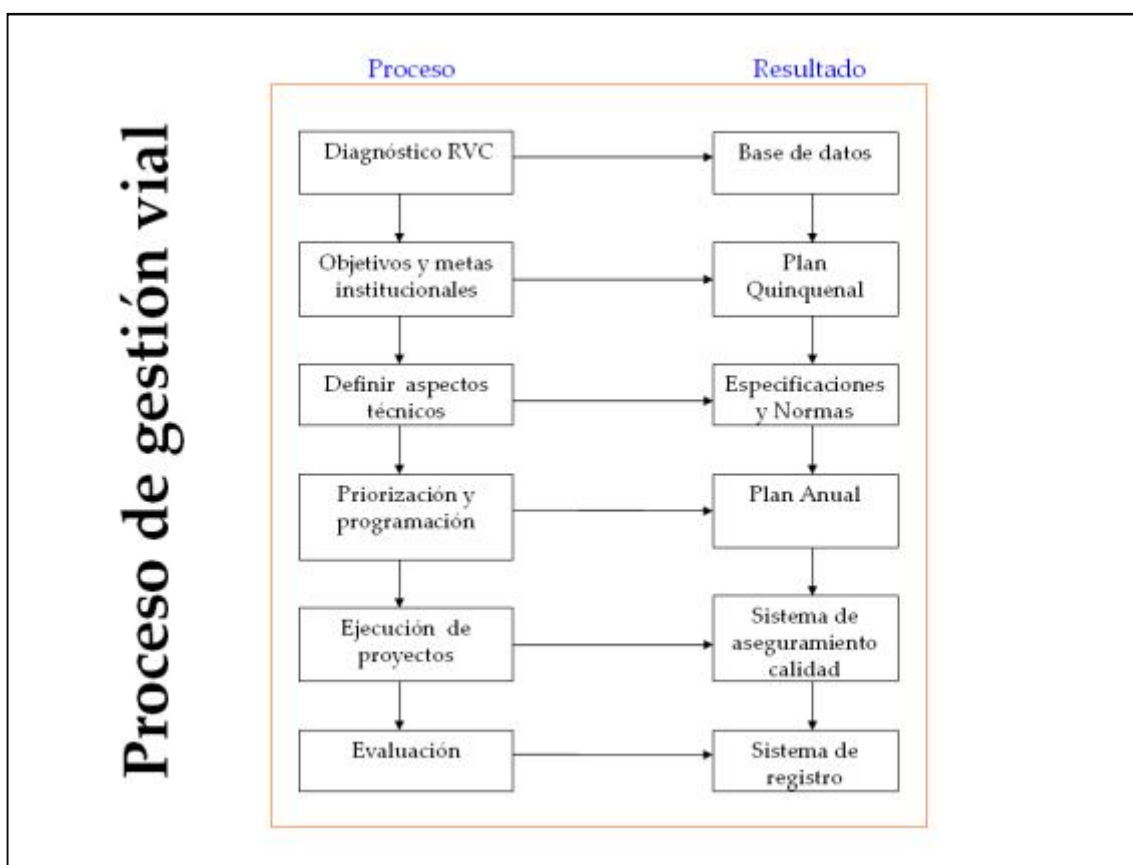
El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con un elemento fundamental y de gran importancia, en este caso en particular: el

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 9 de 81
--	-----------------------------------	----------------

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

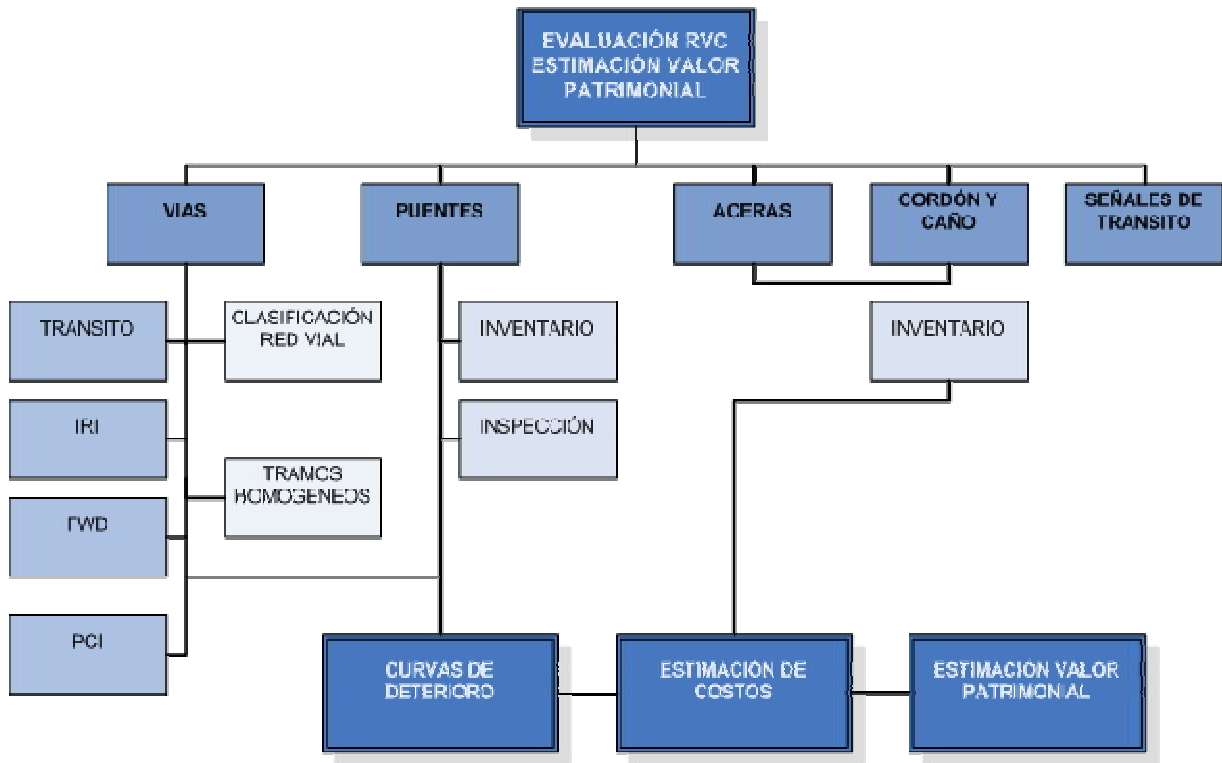
La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de Heredia proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación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

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 11 de 81
--	-----------------------------------	-----------------

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 SAN FRANCISCO

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)
3. Identificar condición estructural por medio del ensayo de deflectometría (FWD)
4. Calculo 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 los 6 puentes vehiculares existentes en el distrito.

### 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.

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 13 de 81
--	-----------------------------------	-----------------



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 San Francisco, 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 distrito San Francisco.

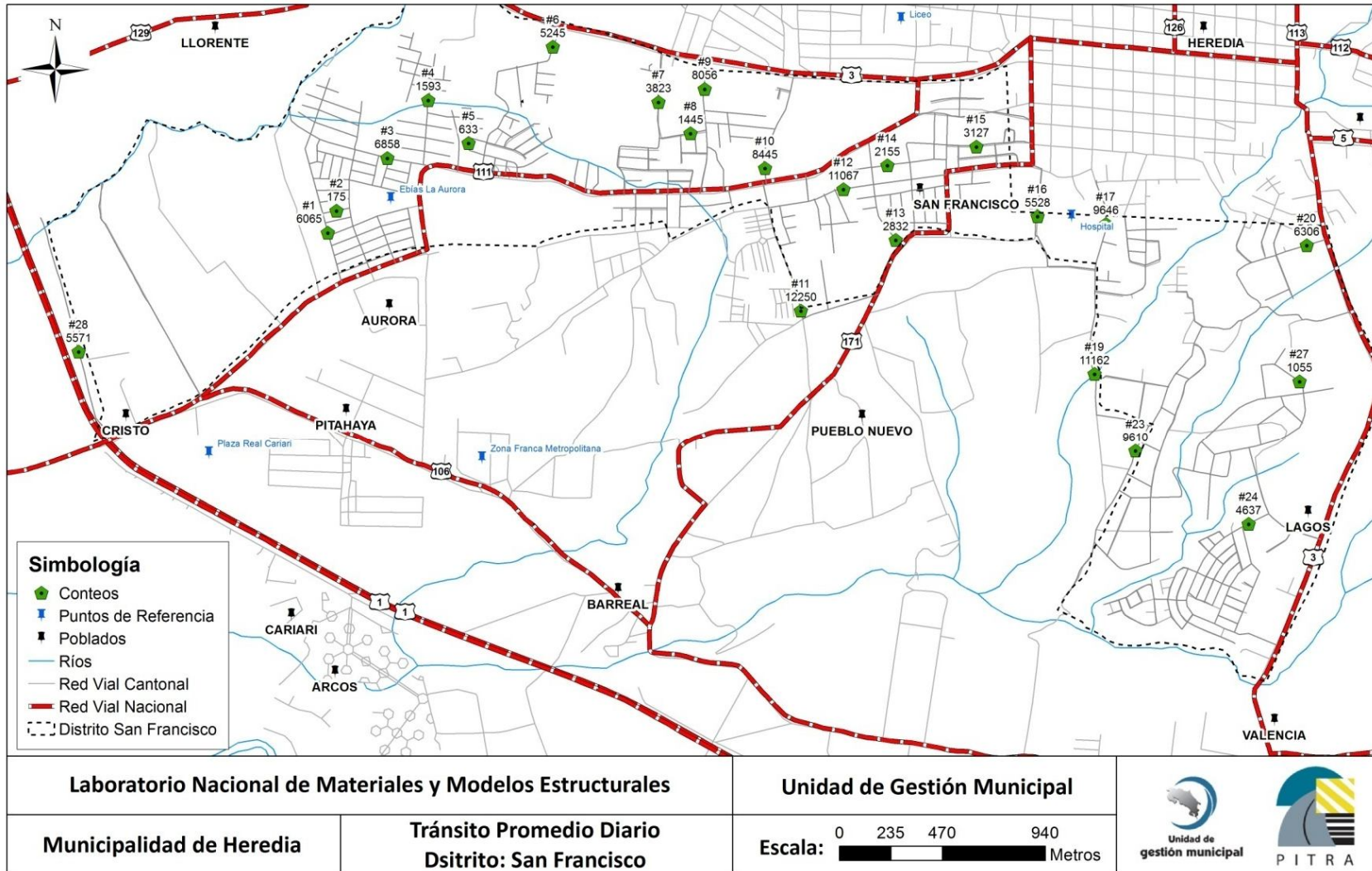


Figura 5. Ubicación de los conteos y resultados de TPD en el distrito San Francisco

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 15 de 81
--	-----------------------------------	-----------------



## 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).

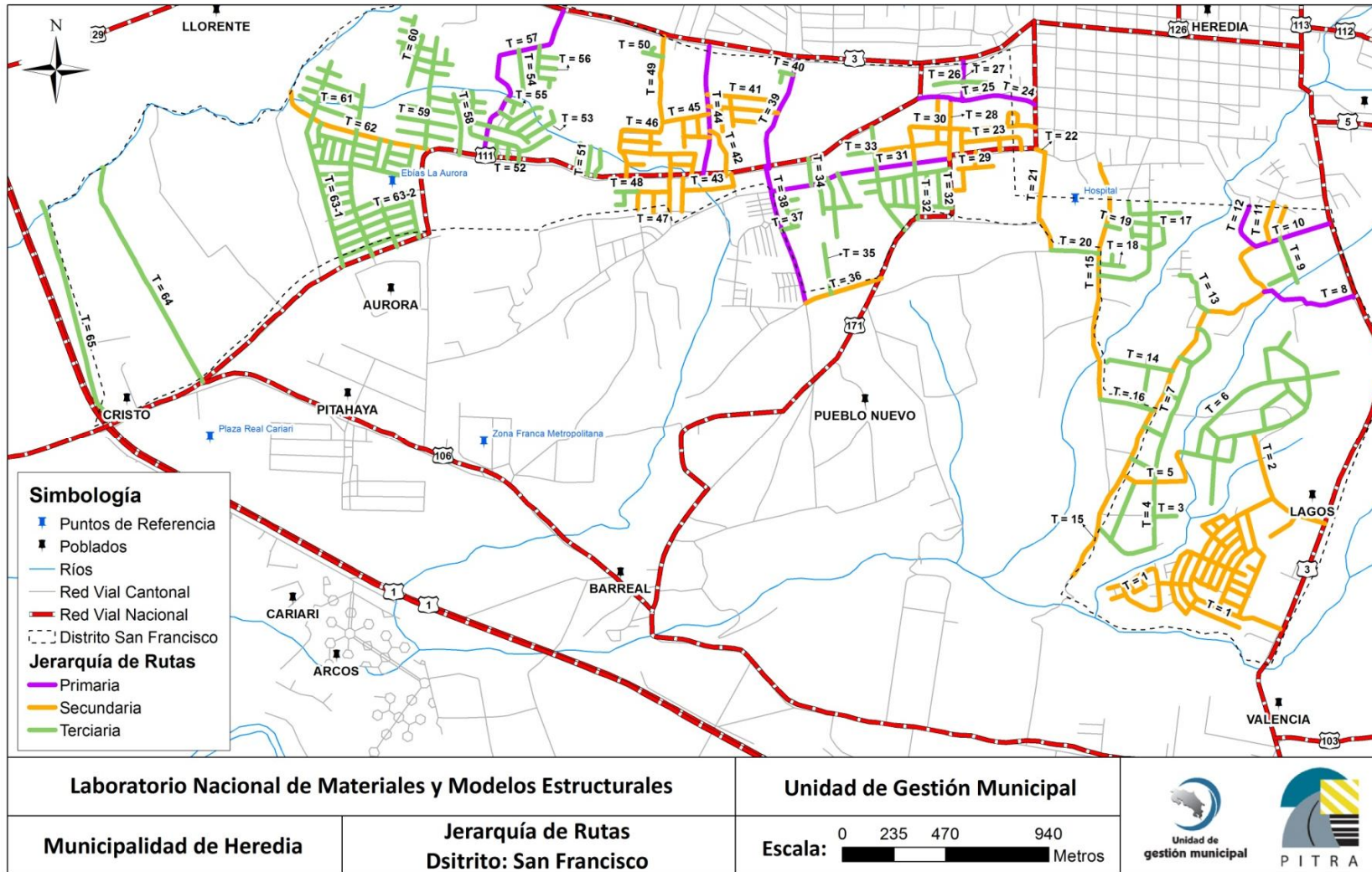


Figura 6. Clasificación funcional de vías en distrito San Francisco según Municipalidad

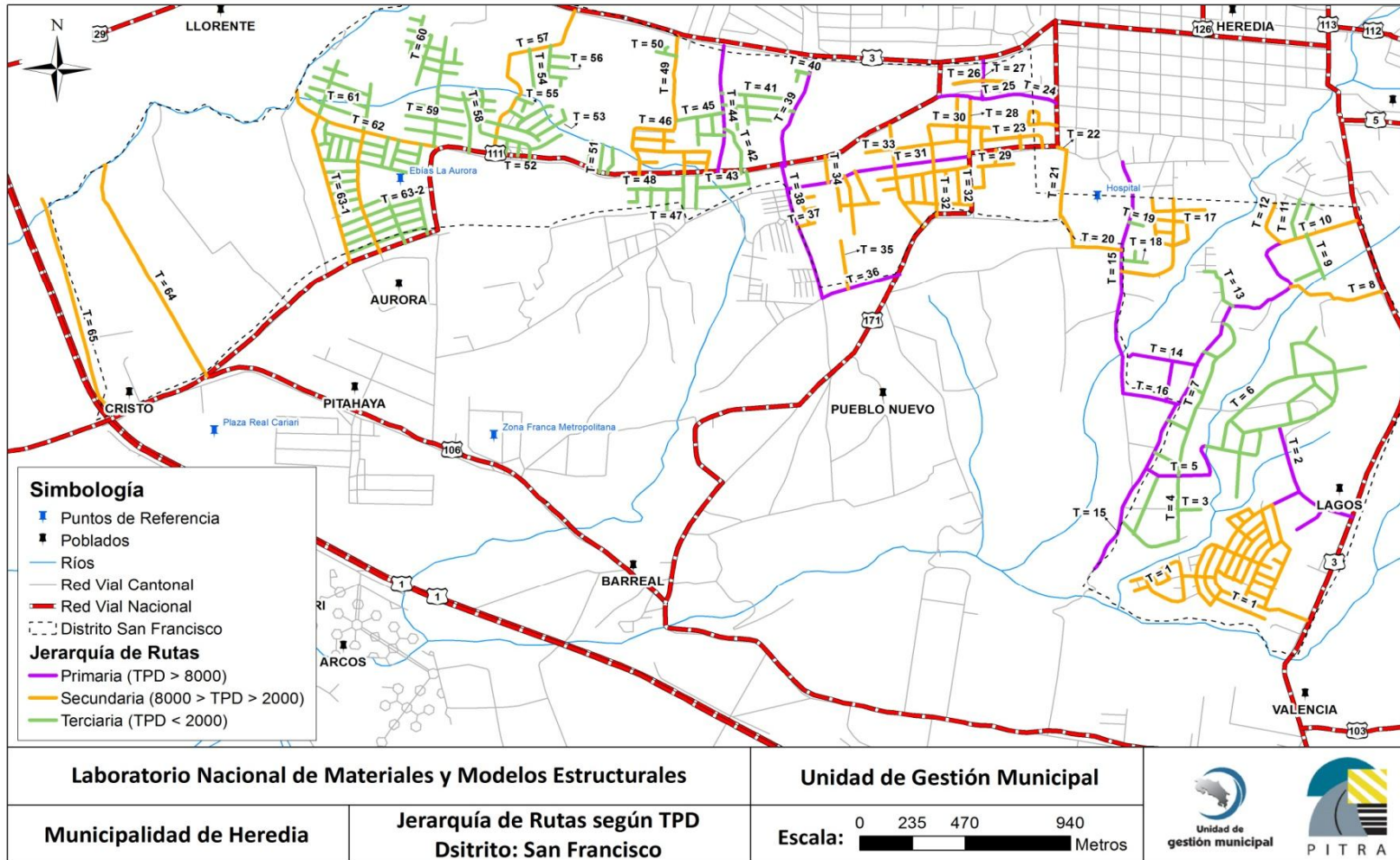


Figura 7. Clasificación funcional de vías en distrito San Francisco según transito promedio diario medido

### 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 rectificadas (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.

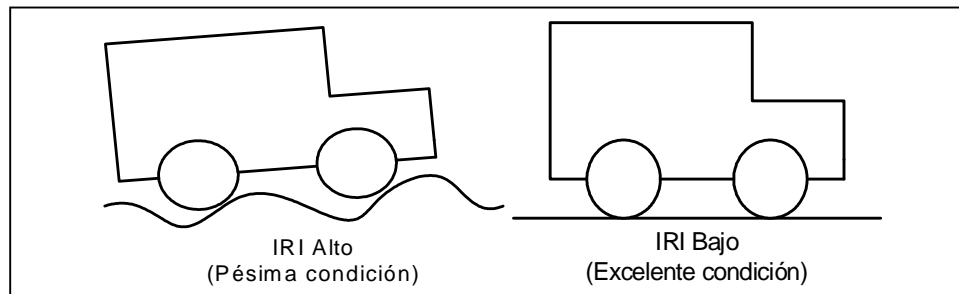


Figura 8. Representación física del Índice de Regularidad Internacional.

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.

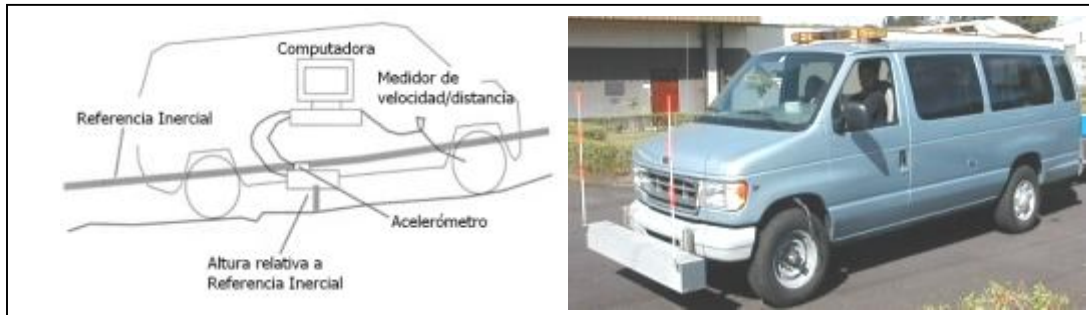


Figura 9. Perfilómetro Inercial Láser.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

El IRI se calculó sobre la red vial pavimentada cada 25 metros durante el mes de Agosto del año 2016 abarcando todas las rutas contempladas por la contratación y se cubrió una longitud aproximada de 53.0 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 la Tabla 1.

Tabla 1. Categorización del Índice de Regularidad Internacional.

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



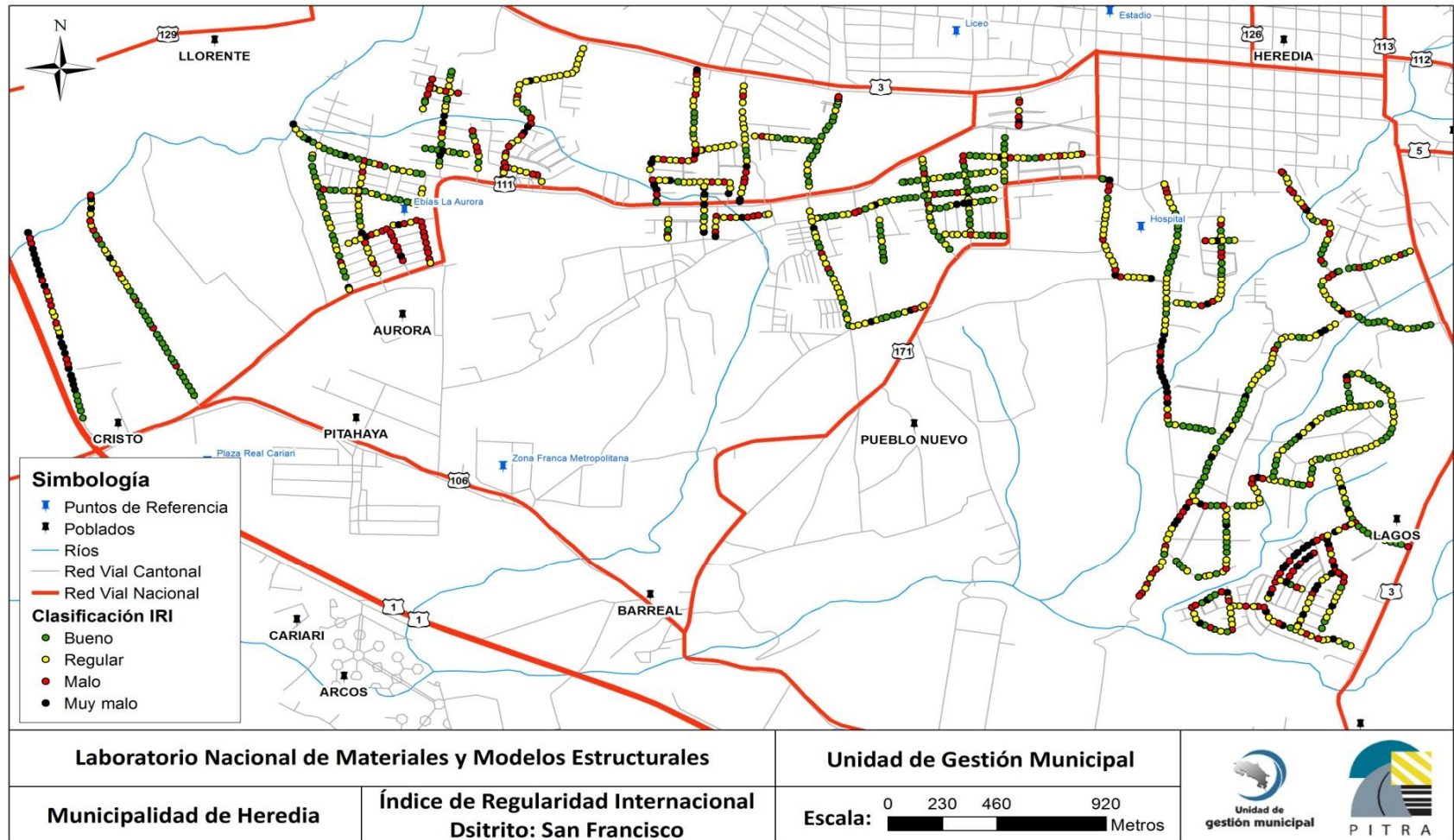


Figura 10. Resultados del IRI para las mediciones realizadas en el distrito de San Francisco.

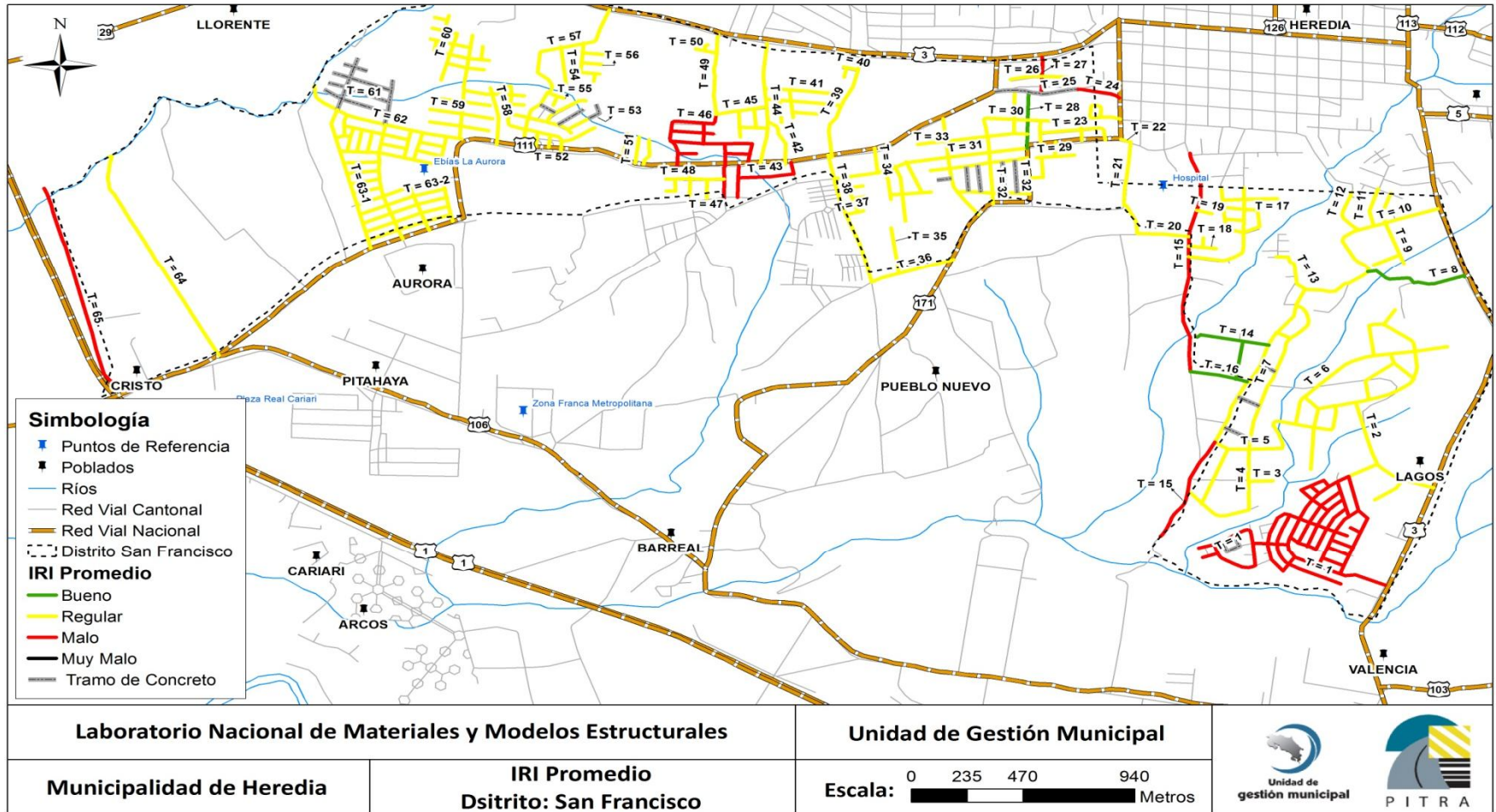


Figura 11. Resultados del IRI promedio para las mediciones realizadas en el distrito de San Francisco.



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 31% de las estimaciones de IRI a cada 25 metros se encuentran en la categoría "Bueno", además, un 40% y 18% se pueden clasificar en las categorías de "Regular" y "Malo" respectivamente, esto caracteriza una superficie con condiciones aceptables de operación en su mayor parte (71%) que favorece menores costos de operación a los usuarios. Las vías con condición mala a nivel de regularidad se ubican principalmente en calles vecinales terciarias según se observa en la Figura 11.

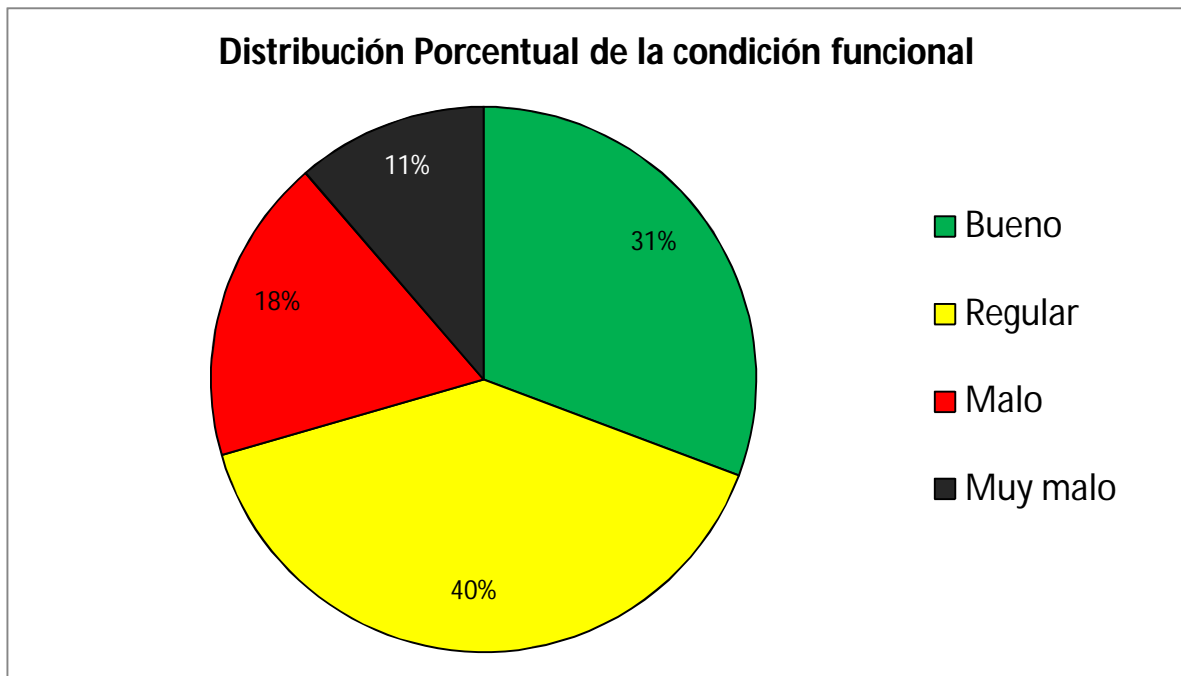


Figura 12. Distribución porcentual de la condición según el IRI.



#### 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.

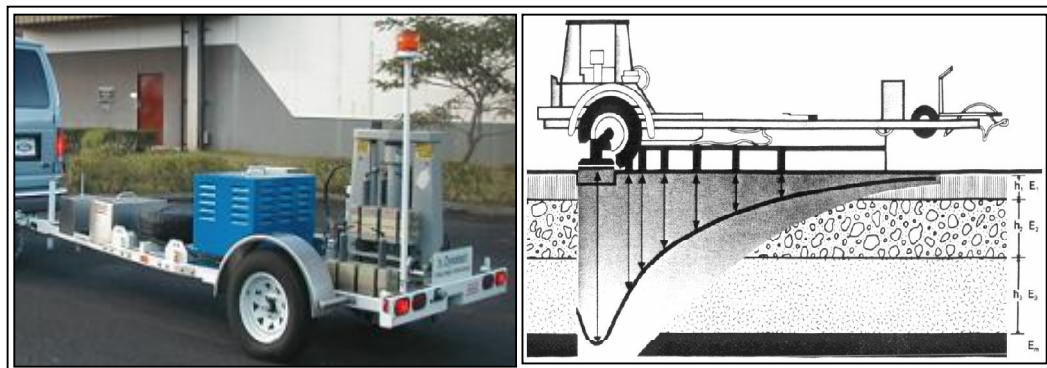


Figura 13. Equipo de deflectometría de impacto.

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 para una estructura de pavimento con base granular. Además, en la Figura 15 se muestra la clasificación para estructuras con base estabilizada, obtenida del Proyecto N° UI-PC-04-08 del Lanamme UCR. En la Figura 16 y Figura 17 se muestran los resultados de la prueba de deflectometría en el distrito San Francisco.

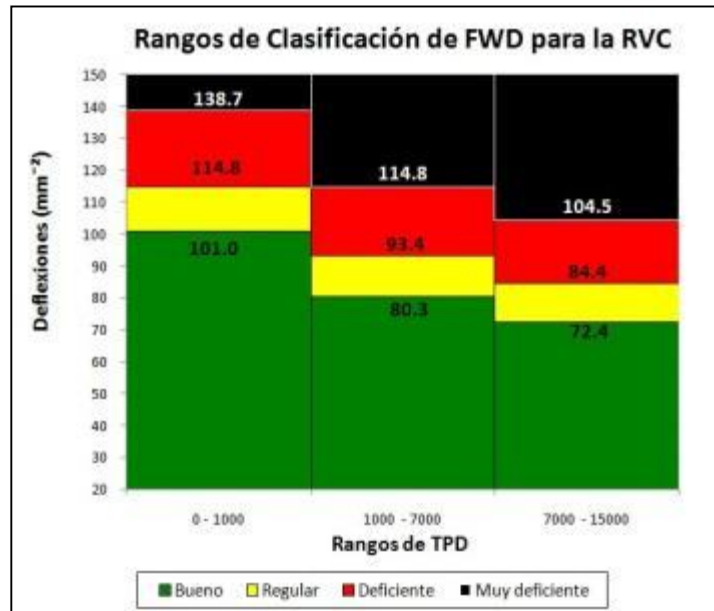


Figura 14. Condición del pavimento para una estructura con base granular.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

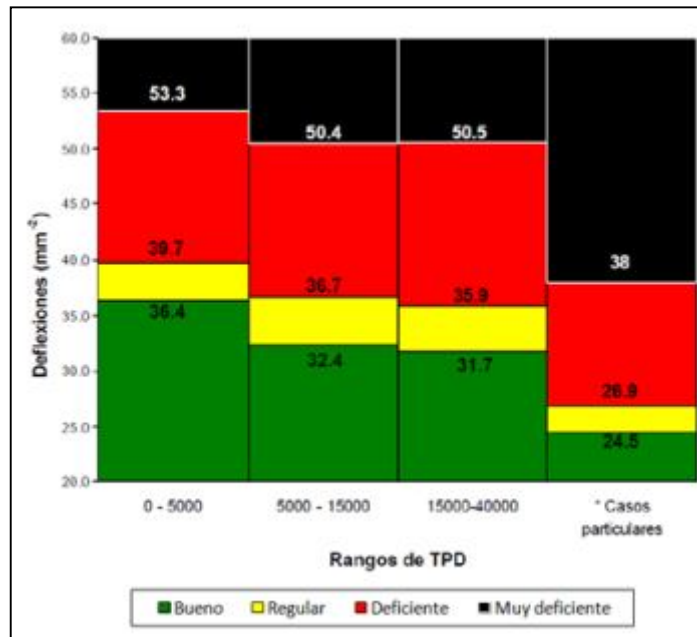


Figura 15. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una estructura con base estabilizada.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

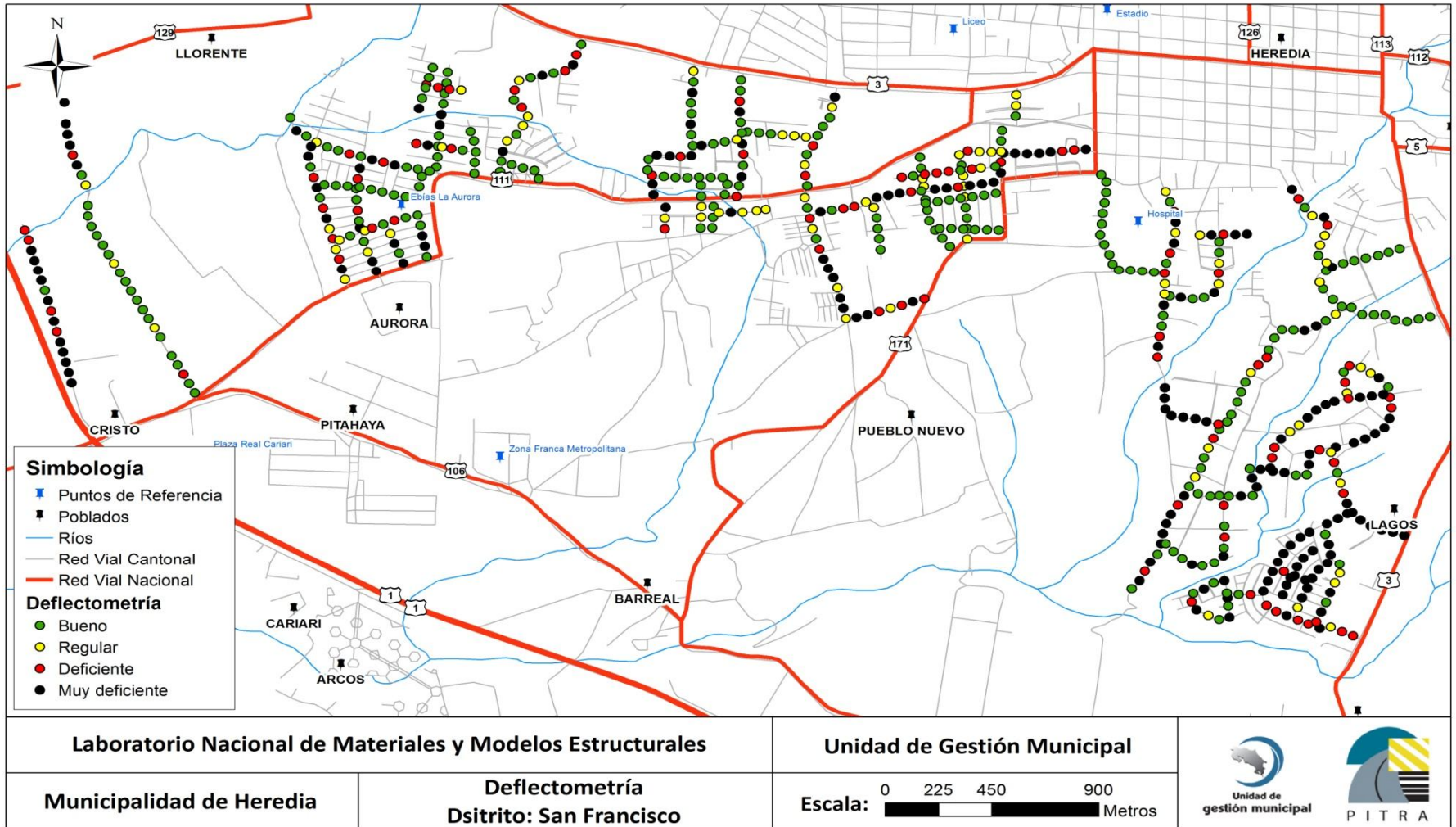


Figura 16. Resultados del FWD para las mediciones realizadas en San Francisco.

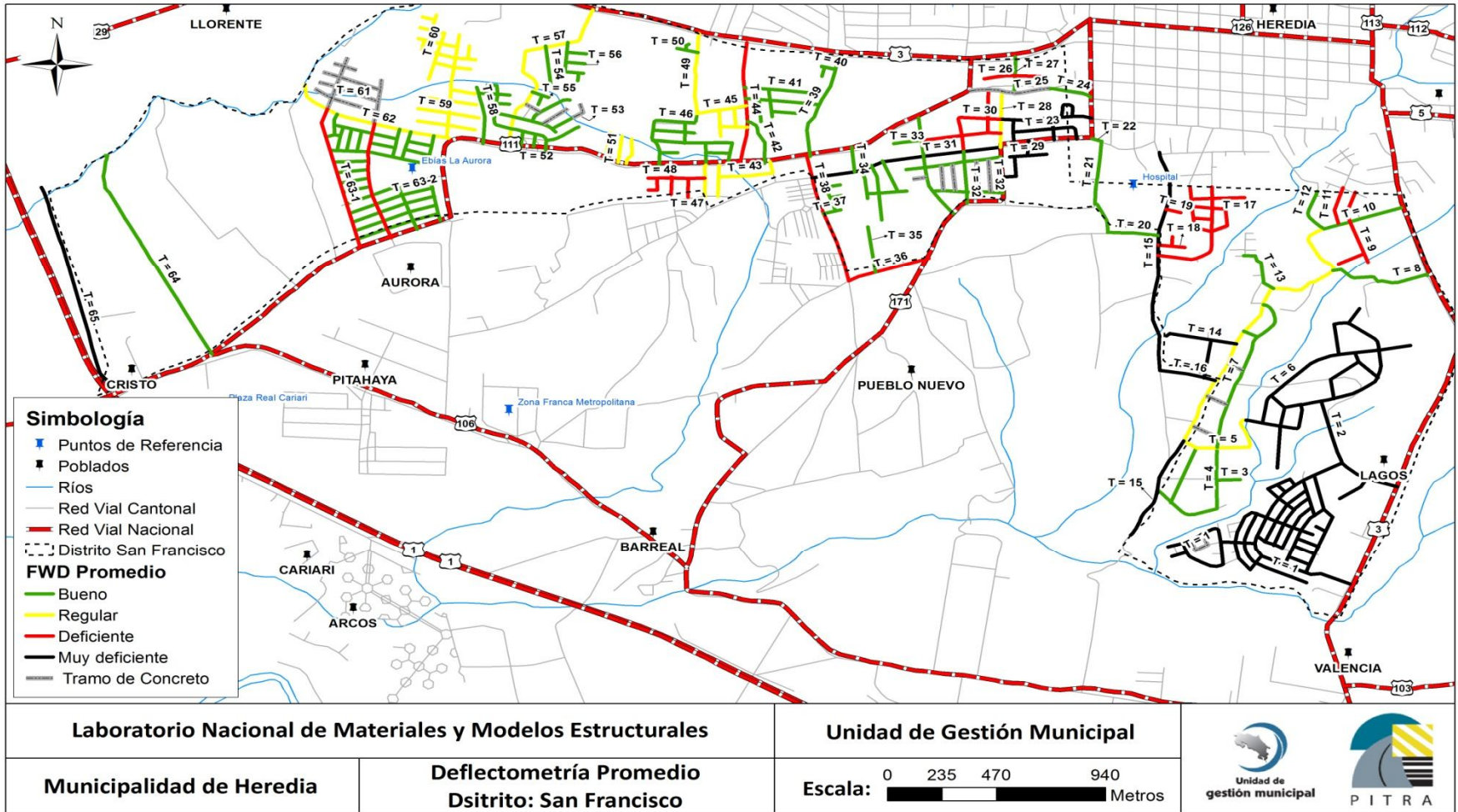


Figura 17. Resultados del FWD promedio para las mediciones realizadas en San Francisco.



Para la red vial de San Francisco estas mediciones se realizaron con el equipo Deflectómetro de Impacto a cada 50 metros a lo largo de la red. En la Figura 18, se muestra gráficamente la evaluación realizada, se observa que un 56% 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 45% de las mediciones del pavimento presentan un desempeño "Deficiente" o "Muy deficiente", por lo que podrían requerir acciones de refuerzo o reconstrucción para que puedan trabajar de manera óptima.

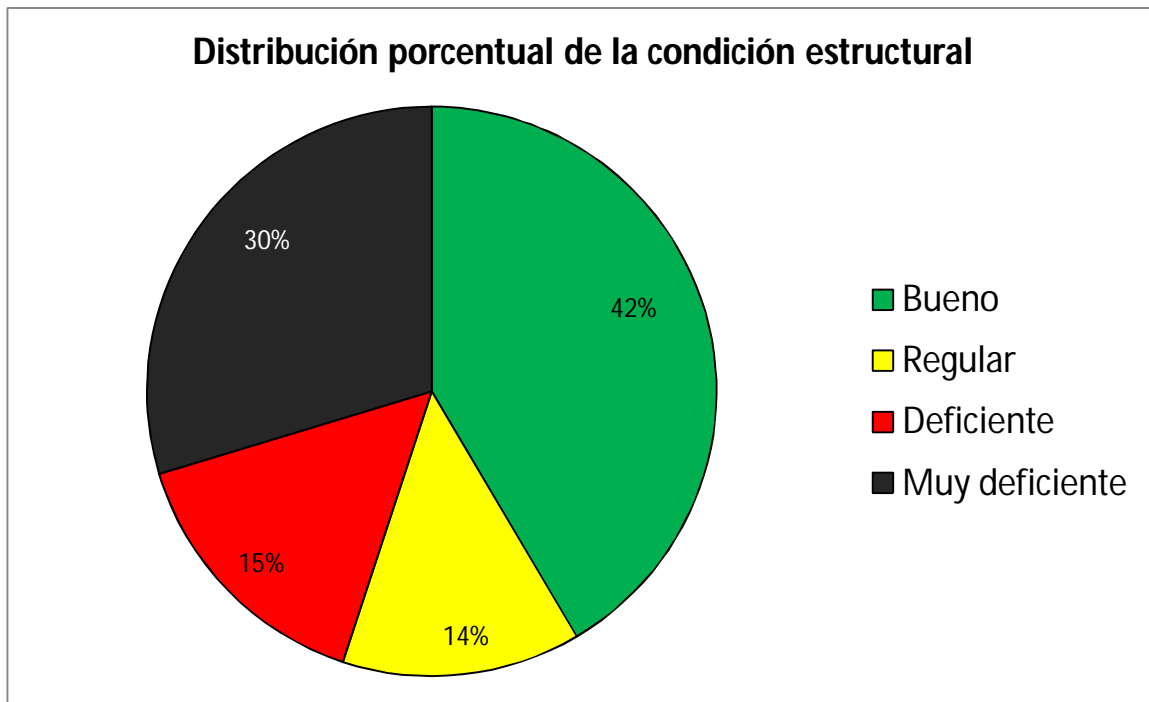


Figura 18. Distribución porcentual de la condición según FWD.

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 analizados

El análisis de los datos ha sido procesado a partir de la distribución de la información en tramos, los mismos posteriormente se han agrupado siguiendo la distribución de códigos de caminos ya existentes en la Municipalidad.

Se presenta a continuación la agrupación de vías que se siguió para el análisis de previo a la asignación de valores a los códigos de camino. Se han seguido criterios de respuesta a los ensayos y de percepción de uso con base en las visitas a campo para elaborar la distribución de vías.

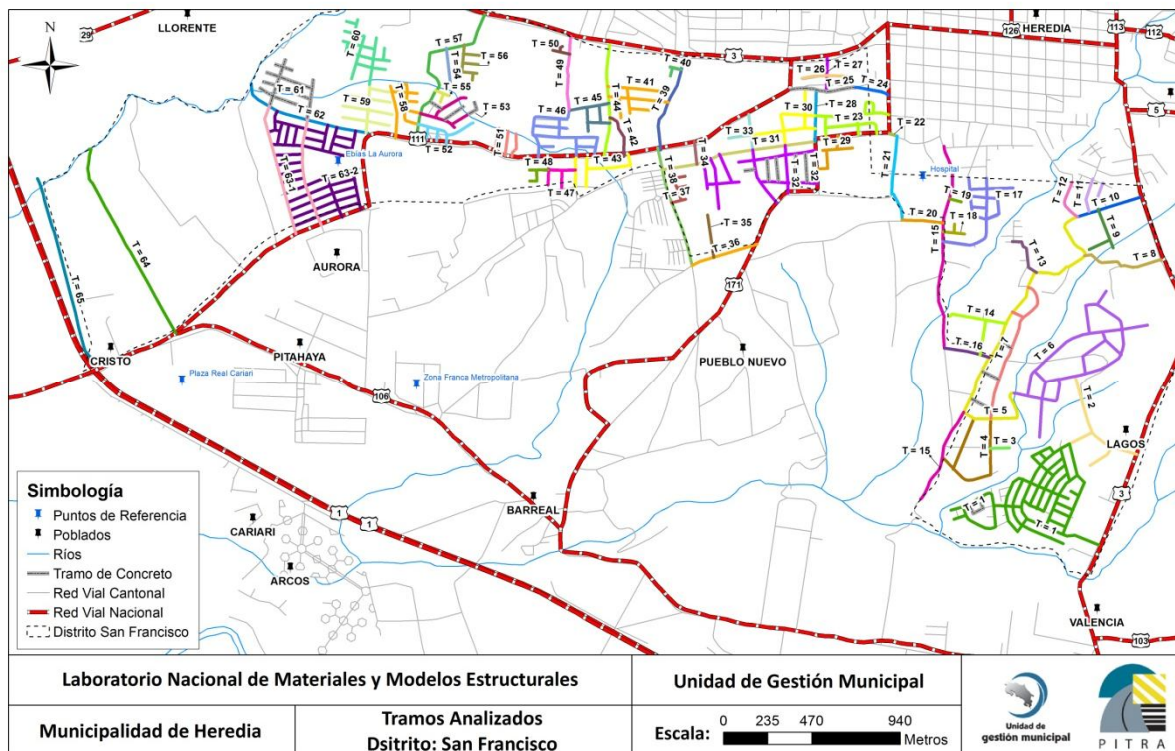


Figura 19. Tramos analizados.



## 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 San Francisco 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 siguiente figura se muestra una ventana del programa utilizado.



Figura 20. Visualización del procesamiento de datos para el cálculo de PCI.

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 30 de 81
--	-----------------------------------	-----------------



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 la siguiente tabla se muestran los rangos:

Tabla 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 21 y Figura 22 se muestra el resultado del cálculo de PCI para el distrito de San Francisco dividido por las calles evaluadas. En la Figura 21 se muestra el resultado de la evaluación. Como puede verse un 82% de la red vial se encuentra en una condición entre Excelente y Muy buena. Únicamente un 13% se puede clasificar como Regular.

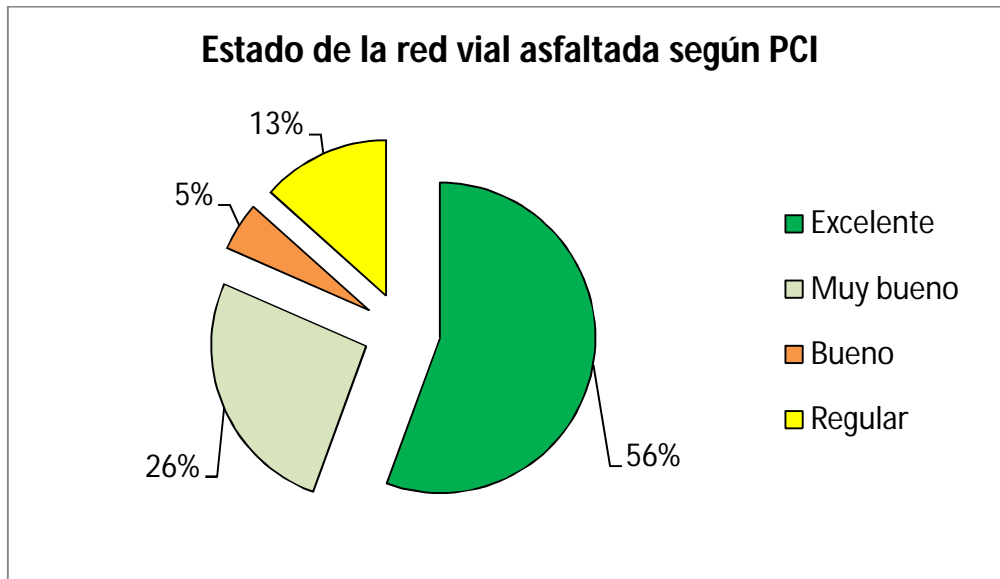


Figura 21. Distribución porcentual de la condición según PCI.

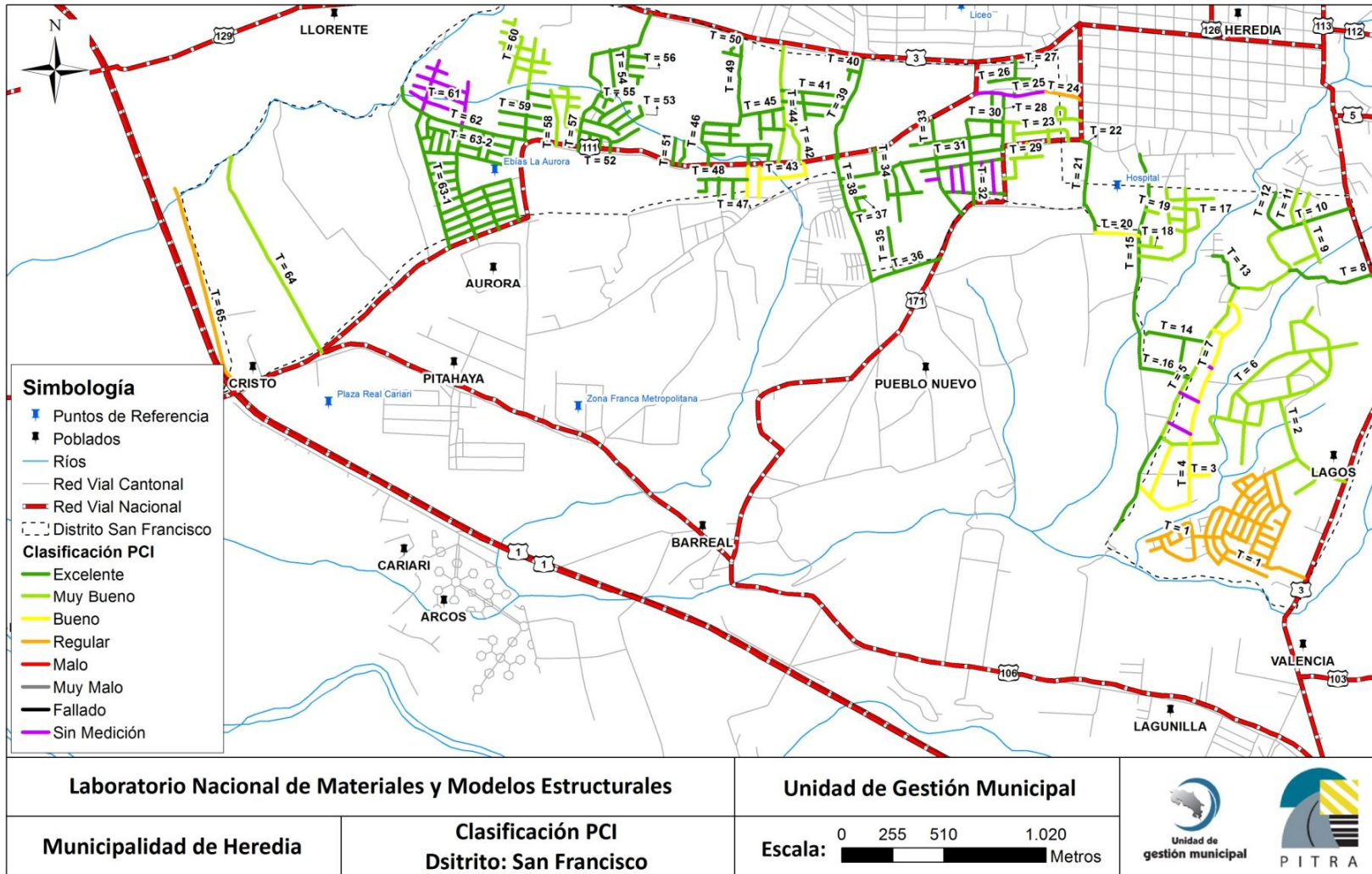


Figura 22. Resultados de PCI para distrito San Francisco



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

Tabla 3. Inventario de aceras y cordones de caño

Elemento medido	Unidades	Total
Aceras peatonales	Metros cuadrados	110 089
Cordón y caño	Metros lineales	53 956

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 siguiente figura se muestra una imagen de cómo se visualizan estos archivos.



Figura 23. Muestra de archivos .kml de aceras en San Francisco



Las señales de tránsito fueron inventariadas de forma individual con recorridos independientes a los realizados con el Geo3D, en las siguientes tablas se resumen los resultados separados por señales horizontales y verticales.

Tabla 4. Inventario de señales viales horizontales

<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Señales de Escuela / Cruce peatonal	11
Señales de velocidad máxima	16
Señales de Alto y líneas de parada	123
Señales de Ceda	30
Flechas	588
Señal parada de buses	36

Tabla 5. Inventario de señales viales verticales

<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Señales de Escuela / Cruce peatonal	1
Señales de velocidad máxima	19
Señales de parada de autobuses	5
Señales de Ceda	2
Señales de Alto-flecha	74
Señales reglamentarias	18
Señales de prevención	27

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 San Francisco. Dentro de este distrito se tienen los cuerpos de agua principales: Quebrad Seca, Quebrada La Guaria, Río Pirro y Quebrada Guararí; en total se evaluaron 6 puentes ubicados tanto en zonas límite definidas por estos cuerpos de agua como en ubicaciones a lo interno del distrito sobre las vías municipales (ver Figura 24). 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 la siguiente tabla.

Tabla 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

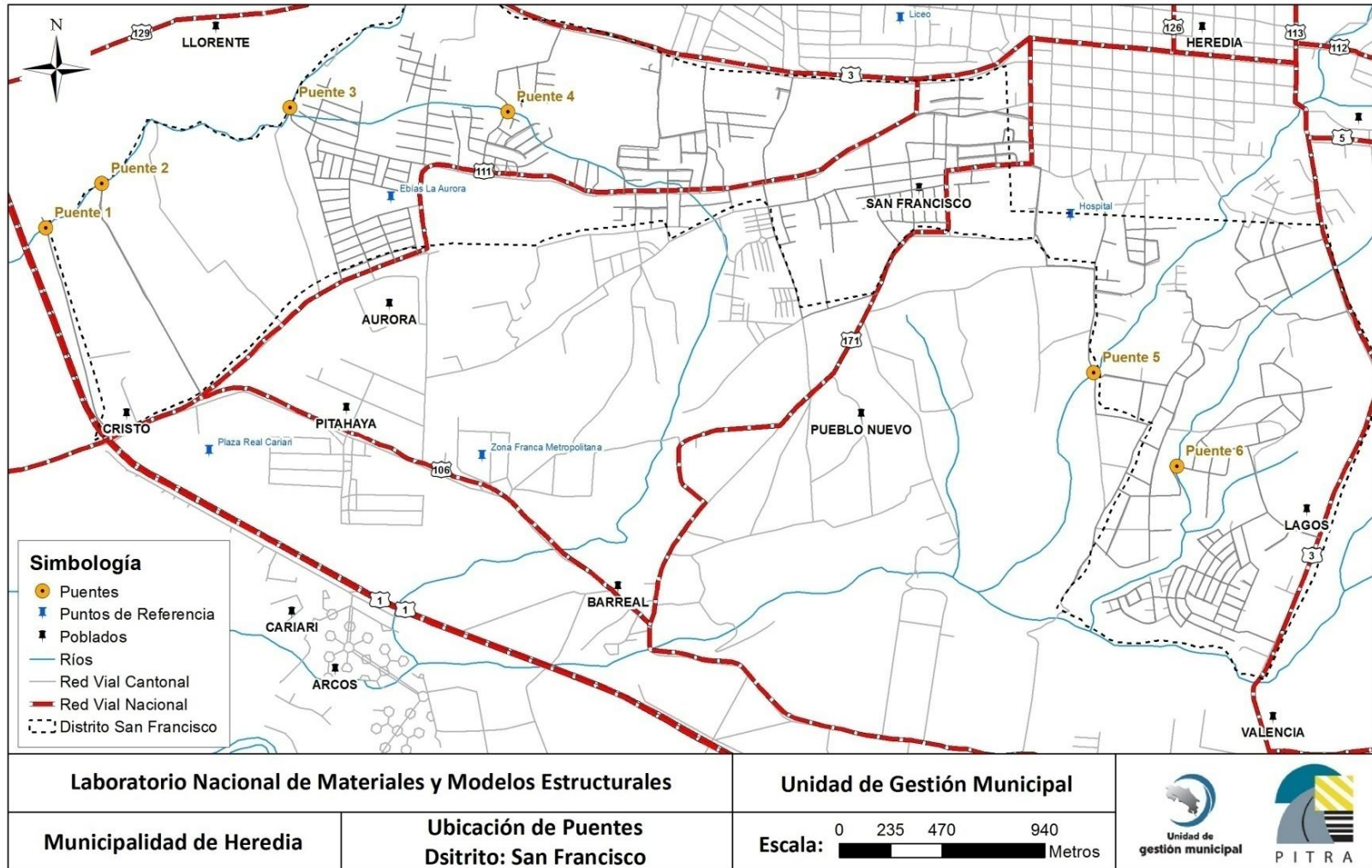


Figura 24. Ubicación de puentes inspeccionados





En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos durante la evaluación de los puentes en el distrito San Francisco.

Tabla 7. Resumen de resultados de evaluación en puentes

Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
1. Quebrada Seca-La Rusia	13m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo I de acero.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leves descascaramientos en barandas.</li> <li>• Puntos con oxidación en las vigas principales.</li> </ul>	Regular
2. Quebrada Seca- Barrio Los Ángeles	22.2m	Superestructura de vigas presforzadas con bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos menores en barandas.</li> <li>• Presencia de aguas a través de los bastiones.</li> <li>• Descarga de agua con socavación en cercanía de puente.</li> </ul>	Regular
3. Quebrada Seca-Calle Los Mosaicos	17.7m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamientos leves en zona superior de la losa.</li> <li>• Agrietamiento leve en una de las vigas principales.</li> </ul>	Regular
4. Quebrada Seca – Calle Chucos	7m	Superestructura de vigas tipo canaleta y bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulaciones de agua sobre las juntas de expansión.</li> <li>• Agrietamientos menores en zona superior de la losa.</li> </ul>	Regular



Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
5. Rio Pirro - Guararí	3.4m	Superestructura de cerchas de acero y bastiones en mampostería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de mortero de unión entre rocas de las bastiones.</li> <li>• Cerchas fabricadas a partir de elementos esbeltos, presentan corrosión y oxidación.</li> <li>• Deslizamiento en el acceso norte con pérdida de material de relleno compromete acceso desde zona de Heredia.</li> <li>• Barandas en pésima condición constituye un riesgo a todos los usuarios.</li> <li>• Puente se considera en condición crítica y requiere atención inmediata.</li> </ul>	Alarmante
6. Quebrada Guararí – La Milpa	7.25m	Superestructura de vigas tipo canaleta y bastiones de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bastiones presentan múltiples nidos de piedra (hormigueros) en sus caras.</li> <li>• Una de las barandas presenta deformación considerable.</li> <li>• Agrietamientos menores en zona superior de la losa.</li> </ul>	Satisfactoria

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. Es importante mencionar que la condición en general de los puentes es regular y las deficiencias observadas no atentan contra la estabilidad estructural o la seguridad funcional de estos puentes. Únicamente en el caso del puente sobre el Rio Pirro en Guararí se tiene una condición alarmante, pues el puente presenta múltiples deficiencias que justifican una intervención inmediata para mejorar las condiciones de seguridad vial y una posible sustitución de la estructura ante las deficiencias observadas.



## 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 la siguiente tabla 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.

Tabla 8. Costos de los materiales calculados

Ítem CR-2010	Material	Unidad	Costo Unitario	Costo Unitario zona 1-9 (Conavi 2014)
301.06	Subbase Granular graduación B	m <sup>3</sup>	¢16.089.74	¢12.463.59
301.03	Base Granular graduación D	m <sup>3</sup>	¢17.235.35	-----
402.01	Mezcla asfáltica en caliente, tamaño máximo 19mm.	t	¢59.348.79	¢53.539.33
501.02	Pavimento de hormigón	m <sup>3</sup>	¢168.528.04	¢176.953.27
615.01	Aceras peatonales, espesor 0.10m	m <sup>2</sup>	¢14.715.72	¢17.804.24 (0.15m espesor)
609.01	Cordón y cuneta de concreto	m	¢23.240.98	¢20.835.00
107 (3)	Señal horizontal Escuela/Cruce peatonal	u	¢63.621.02	¢51.574.78
107 (3)	Señal horizontal velocidad máxima	u	¢63.612.02	¢40.577.77
107 (3)	Señal horizontal Alto	u	¢63.612.02	¢39.935.50

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 40 de 81
--	-----------------------------------	-----------------



107 (3)	Flechas	u	¢31.810.51	¢39.935.50
107 (3)	Señal horizontal de parada de buses	u	¢63.612.02	¢39.935.50
107 (3)	Señal horizontal Ceda	u	¢63.612.02	¢39.935.50
107 (4)	Señal vertical Escuela	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Velocidad máxima	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical parada de autobuses	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Ceda	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto-flecha	u	¢97.706.38	-----
107 (4)	Señal vertical reglamentaria	u	¢97.706.38	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical prevención	u	¢97.706.38	¢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. La siguiente tabla resume el cálculo del costo:

Tabla 9. Calculo 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/\$

## 7 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO

Para la estimación del valor patrimonial es necesario establecer estructuras de pavimento modelo que cumplan con las condiciones de vida útil, desempeño y capacidad soportante acordes a las demandas de tránsito ya medidas en este distrito. Con esto lo que se pretende es establecer que características en cuanto a material y espesores es la ideal para las condiciones actuales de operación de la red vial en San Francisco; 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. Se muestran los parámetros de diseño y las estructuras obtenidas, las memorias de cálculo se adjuntan como anexos.

Tabla 10. Variables de diseño para pavimento flexible

Variable de diseño		Rutas primarias	Rutas secundarias	Rutas terciarias
Ejes equivalentes	$W18$	1.583.468	691.703	484.411
Periodo de análisis	$años$	15	15	15
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)	$Mref$	7470	7470	7470
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
Coefficiente estructural de carpeta asfáltica	$a1$	0,44	0,44	0,44
Coefficiente estructural de base (BG)	$a2$	0,135	0,135	0,135
Coefficiente de drenaje de base (BG ó BE)	$m2$	1	1	1
Coefficiente estructural de subbase granular	$a3$	0,11	0,11	0,11
Coefficiente de drenaje de subbase granular	$m3$	1	1	1

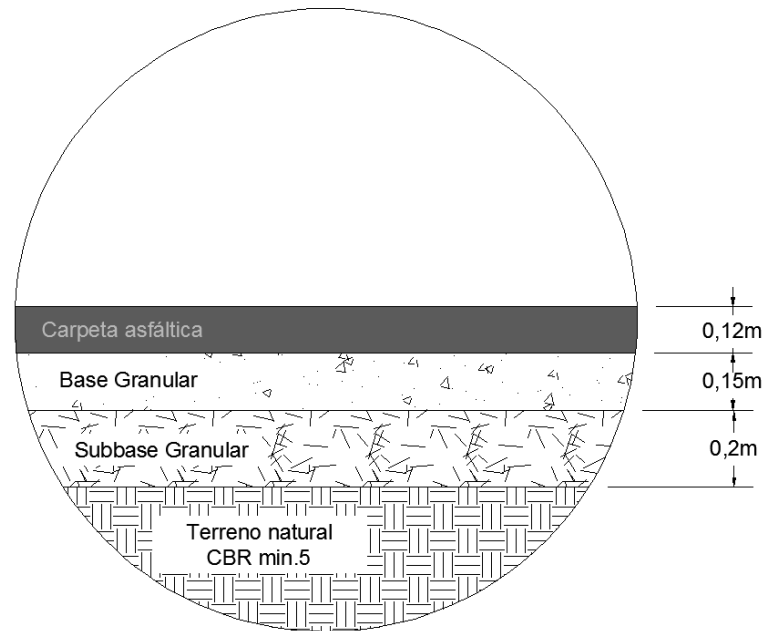


Figura 25. Estructura de pavimento modelo para vías primarias

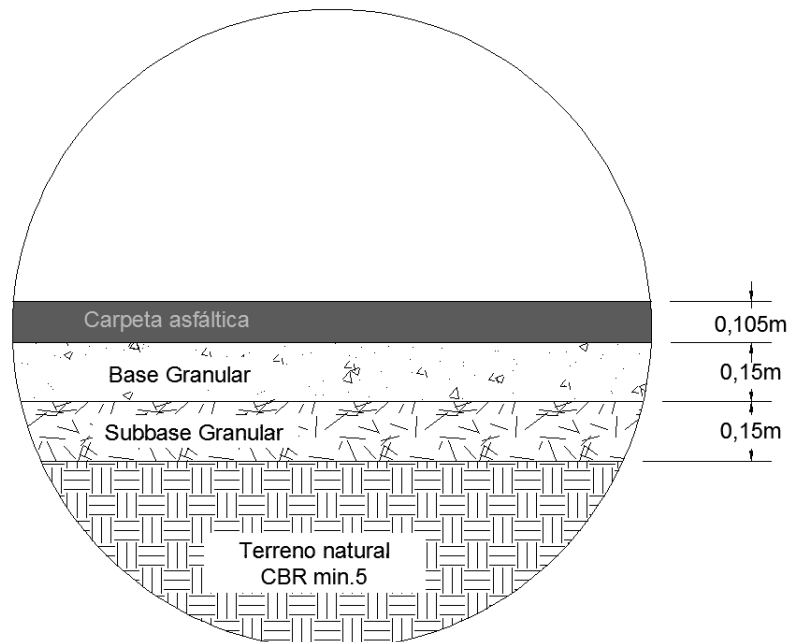


Figura 26. Estructura de pavimento modelo para vías secundarias



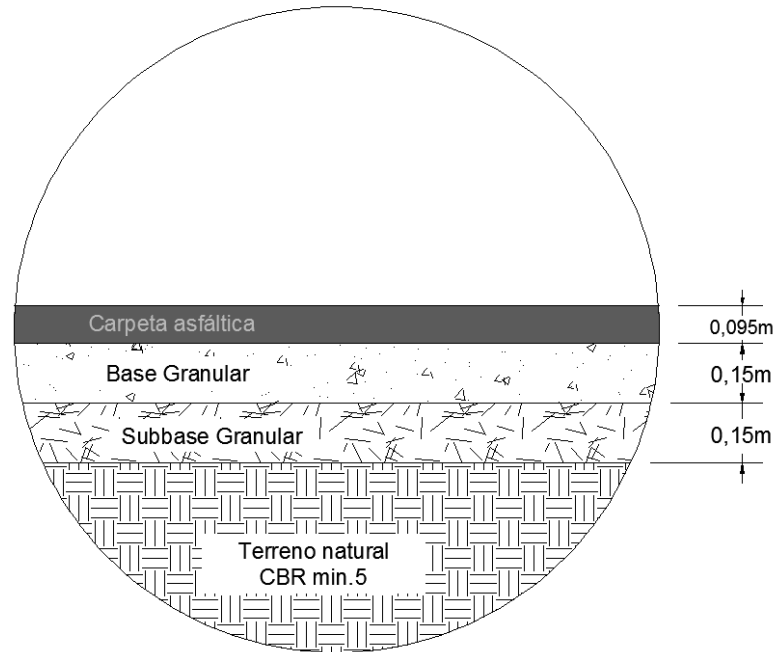


Figura 27. Estructura de pavimento modelo para vías terciarias

## 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 28, 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.

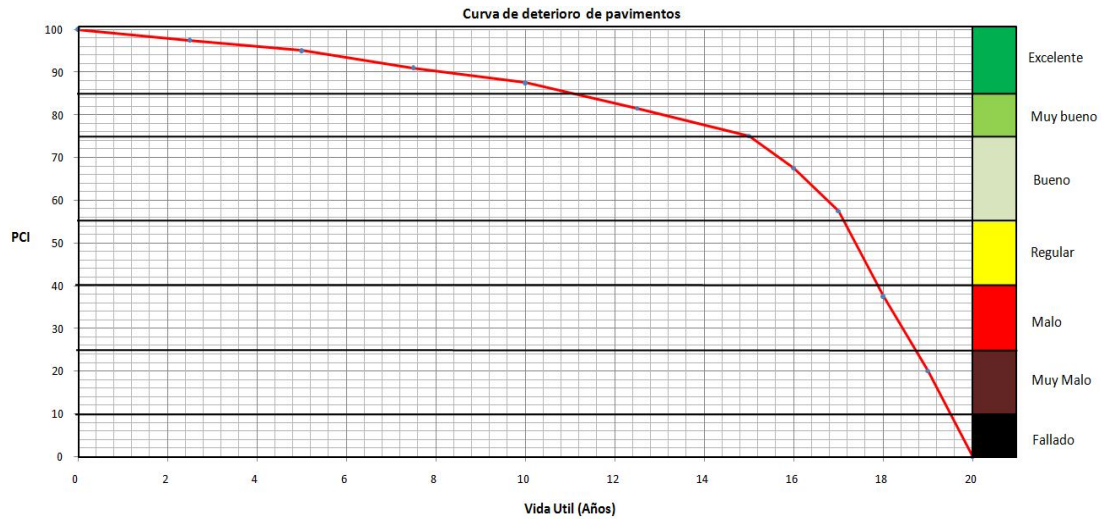


Figura 28. Curva de deterioro para pavimentos (vida útil 20 años)

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



periodo 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.



Figura 29. 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 San Francisco (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 periodo de 15 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, 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 se presenta a continuación la estimación económica del valor patrimonial en el distrito San Francisco.



Tabla 11. Estimación de valor patrimonial componente pavimento

Código Camino	Jerarquía Municipalidad	TPD	ESAL 15 años	PCI Promedio	Estructura modelo				Cantidades de material				Valor Patrimonial
					Subbase (cm)	Base (cm)	Carpeta (cm)	Losa concreto (cm)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	Losa concreto (m3)	
401099	Secundaria	4637	336783	51,25	15	15	10,5	-	5090	5090	8552	-	¢347.045.096,12
401099	Secundaria	4637	336783	100,00	15	15	-	8	154	154	0	82	¢19.028.852,67
401181	Secundaria	9610	2348205	84,00	15	15	10,5	-	1051	1051	1766	-	¢117.437.292,61
401179	Terciaria	1055	741524	60,10	15	15	9,5	-	91	91	139	-	¢6.770.217,24
401193	Terciaria	1055	741524	60,10	15	15	9,5	-	943	943	1434	-	¢70.036.992,04
401046	Secundaria	9610	2348205	72,58	15	15	10,5	-	2543	2543	4272	-	¢245.531.386,45
401100	Terciaria	1055	741524	79,16	15	15	9,5	-	3168	3168	4815	-	¢309.755.002,32
401163	Terciaria	1055	741524	60,10	15	15	9,5	-	768	768	1168	-	¢57.036.018,90
401163	Terciaria	1055	741524	100,00	15	15	-	8	268	268	0	143	¢33.022.334,02
401050	Primaria	6306	1263982	100,00	20	15	12	-	705	529	1015	-	¢80.688.480,99
401191	Terciaria	1055	741524	79,16	15	15	9,5	-	305	305	464	-	¢29.852.782,91
401043	Primaria	6306	1263982	98,83	20	15	12	-	569	427	820	-	¢64.428.962,79
401103	Secundaria	1055	741524	72,58	15	15	10,5	-	294	294	494	-	¢28.418.006,46
401044	Primaria	6306	1263982	85,69	20	15	12	-	397	298	572	-	¢38.938.424,23
401101	Terciaria	1055	741524	100,00	15	15	9,5	-	221	221	336	-	¢27.339.971,76
401132	Terciaria	1055	741524	100,00	15	15	9,5	-	448	448	681	-	¢55.386.239,37
401029	Secundaria	11162	2393680	85,80	15	15	10,5	-	1939	1939	3257	-	¢221.315.542,39
401153	Terciaria	11162	2393680	100,00	15	15	9,5	-	292	292	444	-	¢36.122.406,58
401102	Terciaria	4637	336783	84,67	15	15	9,5	-	1709	1709	2598	-	¢178.798.810,16
401177	Terciaria	1055	741524	84,67	15	15	9,5	-	145	145	220	-	¢15.126.272,39
401124	Terciaria	1055	741524	84,67	15	15	9,5	-	59	59	90	-	¢6.194.748,08
401151	Terciaria	5528	724318	60,00	15	15	9,5	-	265	265	403	-	¢19.655.772,54
401045	Secundaria	5528	724318	86,82	15	15	10,5	-	696	696	1169	-	¢80.388.686,59
401034	Secundaria	5528	724318	100,00	15	15	10,5	-	39	39	65	-	¢5.156.456,57
401112	Secundaria	3127	295296	82,00	15	15	10,5	-	1295	1295	2176	-	¢141.315.650,69
401052	Primaria	11067	2085713	54,40	20	15	12	-	288	216	415	-	¢17.938.607,52
401171	Primaria	11067	2085713	100,00	20	15	-	8	507	380		203	¢48.853.229,40
401194	Terciaria	2832	142172	91,33	15	15	9,5	-	218	218	331	-	¢24.606.428,53
401055	Primaria	11067	2085713	95,80	20	15	12	-	219	164	315	-	¢24.026.471,93
401035	Secundaria	3127	295296	94,00	15	15	10,5	-	324	324	544	-	¢40.458.061,35
401192	Secundaria	2832	142172	82,00	15	15	10,5	-	349	349	586	-	¢38.054.610,30
401109	Secundaria	2155	124540	96,79	15	15	10,5	-	942	942	1583	-	¢121.340.419,06
401025	Primaria	11067	2085713	95,89	20	15	12	-	1326	994	1909	-	¢145.528.614,04
401113	Terciaria	2832	142172	91,33	15	15	9,5	-	2142	2142	3256	-	¢241.721.016,55
401113	Terciaria	2832	142172	100,00	15	15	-	8	669	669	0	357	¢82.424.845,99



Tabla 12. Estimación de valor patrimonial componente pavimento (continuación)

Código Camino	Jerarquía Municipalidad	TPD	ESAL 15 años	PCI Promedio	Estructura modelo			Losa concreto (cm)	Cantidades de material				Valor Patrimonial	
					Subbase (cm)	Base (cm)	Carpeta (cm)		Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	Losa concreto (m3)		
401036	Terciaria	2155	124540	94,75	15	15	9,5	-	324	324	492	-	¢37.908.366,44	
401173	Terciaria	2155	124540	91,33	15	15	9,5	-	109	109	166	-	¢12.338.354,52	
401172	Terciaria	2832	142172	100,00	15	15	9,5	-	204	204	310	-	¢25.182.344,48	
401117	Secundaria	12250	2073002	89,67	15	15	10,5	-	436	436	733	-	¢52.032.295,93	
401189	Terciaria	2155	124540	91,33	15	15	9,5	-	326	326	496	-	¢36.800.851,04	
401002	Primaria	12250	2073002	85,50	20	15	12	-	1303	977	1876	-	¢127.517.396,85	
401001	Primaria	8445	1434558	100,00	20	15	12	-	727	545	1047	-	¢83.216.117,34	
401121	Terciaria	1445	34205	91,60	15	15	9,5	-	97	97	147	-	¢10.956.456,17	
401187	Secundaria	1445	34205	91,60	15	15	10,5	-	995	995	1671	-	¢121.207.761,49	
401186	Secundaria	1445	34205	72,17	15	15	10,5	-	178	178	298	-	¢17.051.172,13	
401085	Secundaria	1445	34205	66,71	15	15	10,5	-	541	541	908	-	¢47.970.666,43	
401026	Primaria	8056	1251580	77,00	20	15	12	-	841	631	1211	-	¢74.127.071,76	
401083	Secundaria	1445	34205	93,86	15	15	10,5	-	499	499	839	-	¢62.351.425,24	
401084	Secundaria	3823	173322	88,07	15	15	10,5	-	1545	1545	2595	-	¢180.999.705,31	
401087	Secundaria	1445	34205	85,40	15	15	10,5	-	453	453	761	-	¢51.449.110,14	
401174	Terciaria	1445	34205	85,40	15	15	9,5	-	175	175	266	-	¢18.440.875,85	
401188	Secundaria	3823	173322	90,92	15	15	10,5	-	411	411	690	-	¢49.685.926,67	
401074	Terciaria	1445	34205	95,75	15	15	9,5	-	116	116	176	-	¢13.697.382,97	
401175	Terciaria	1445	34205	95,75	15	15	9,5	-	341	341	518	-	¢40.299.990,36	
401076	Terciaria	633	132573	100,00	15	15	9,5	-	470	470	715	-	¢58.087.916,47	
401075	Terciaria	633	132573	95,75	15	15	9,5	-	610	610	928	-	¢72.199.832,15	
401075	Terciaria	633	132573	100,00	15	15	-	8	368	368	0	196	¢45.291.044,59	
401183	Terciaria	633	132573	95,75	15	15	9,5	-	168	168	255	-	¢19.840.315,11	
401184	Terciaria	633	132573	95,75	15	15	9,5	-	109	109	166	-	¢12.947.337,08	
401190	Terciaria	633	132573	95,75	15	15	9,5	-	387	387	588	-	¢45.752.143,53	
401030	Primaria	5245	524207	86,74	20	15	12	-	1319	990	1900	-	¢131.012.203,23	
401078	Terciaria	633	132573	81,85	15	15	9,5	-	774	774	1176	-	¢78.259.283,11	
401077	Terciaria	1593	167554	94,07	15	15	9,5	-	1542	1542	2344	-	¢179.166.200,65	
401176	Terciaria	1593	167554	70,71	15	15	9,5	-	1268	1268	1928	-	¢110.797.323,01	
401182	Terciaria	1593	167554	100,00	15	15	-	8	1286	1286		686	¢158.491.970,12	
401011	Secundaria	6858	769054	95,60	15	15	10,5	-	1068	1068	1794	-	¢135.798.988,99	
401088	Terciaria	6065	1467796	87,58	15	15	9,5	-	1536	1536	2335	-	¢166.229.862,35	
401088	Terciaria	175	27748	87,58	15	15	9,5	-	5879	5879	8936	-	¢636.072.463,30	
401019	Terciaria	5571	1766131	81,31	15	15	9,5	-	1663	1663	2528	-	¢167.089.697,12	
401042	Terciaria	5571	1766131	48,92	15	15	9,5	-	1310	1310	1991	-	¢79.168.528,31	
													<b>Total</b>	<b>¢6.179.181.091,79</b>



Tabla 13. Estimación de valor patrimonial componente puentes

	Puente	Condición según diagnóstico	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Valor estimado (¢)
1	Quebrada Seca - La Rusia	Regular	13	13	169,0	¢225.716.400,00
2	Quebrada Seca - Barrio Los Angeles	Regular	22,2	14,35	318,6	¢425.482.092,00
3	Quebrada Seca - Calle Los Mosaicos	Regular	17,7	9,85	174,3	¢219.918.783,00
4	Quebrada La Guaría - Calle Chucos	Regular	7	9,5	66,5	¢83.883.100,00
5	Rio Pirro - Guararí	Alarmante	3,4	5	17,0	¢5.045.600,00
6	Quebrada Guararí - La Milpa	Regular	7,25	9,3	67,4	¢90.052.830,00
<b>Valor estimado total</b>						<b>¢1.050.098.805,00</b>

Tabla 14. Estimación de valor patrimonial componente aceras y cordón de caño

Elemento	Cantidad	Unidad de medición	Costo unitario (¢)	Valor estimado(¢)
Aceras peatonales de 0,10cm espesor	110.089,00	m <sup>2</sup>	¢14.715,72	¢1.620.038.899,08
Cordón y caño 0,15cm altura	53.956,00	m	¢23.240,98	¢1.253.990.316,88
<b>Valor estimado total</b>				<b>¢2.874.029.215,96</b>



Tabla 15. Estimación de valor patrimonial componente señales de tránsito

Elemento	Cantidad	Costo unitario (¢)	Valor estimado (¢)
Señal horizontal Escuela/Cruce peatonal	11	¢63.621,02	¢699.831,22
Señal horizontal velocidad máxima	16	¢63.621,02	¢1.017.936,32
Señal horizontal Alto	123	¢63.621,02	¢7.825.385,46
Señal horizontal Ceda	30	¢63.621,02	¢1.908.630,60
Flechas	588	¢31.810,51	¢18.704.579,88
Señal horizontal parada de bus	36	¢63.621,02	¢2.290.356,72
Señal vertical Escuela	1	¢97.706,38	¢97.706,38
Señal vertical Velocidad máxima	19	¢97.706,38	¢1.856.421,22
Señal vertical parada de autobuses	5	¢97.706,38	¢488.531,90
Señal vertical Ceda	2	¢97.706,38	¢195.412,76
Señal vertical Alto-flecha	74	¢97.706,38	¢7.230.272,12
Señal vertical reglamentaria	18	¢97.706,38	¢1.758.714,84
Señal vertical prevención	27	¢97.706,38	¢2.638.072,26
		<b>Valor estimado total</b>	<b>¢46.711.851,68</b>



Tabla 16. Estimación de valor patrimonial total

Componente	Valor Patrimonial (¢)
Vías	¢6.179.181.091,79
Aceras y cordón de caño	¢2.874.029.215,96
Señales de tránsito	¢46.711.851,68
Puentes vehiculares	¢1.050.098.805,00
<b>Total</b>	<b>¢10.150.020.964,43</b>
<b>Total (\$) Tipo de cambio usado 560 ¢/\$</b>	<b>\$18.125.037,44</b>

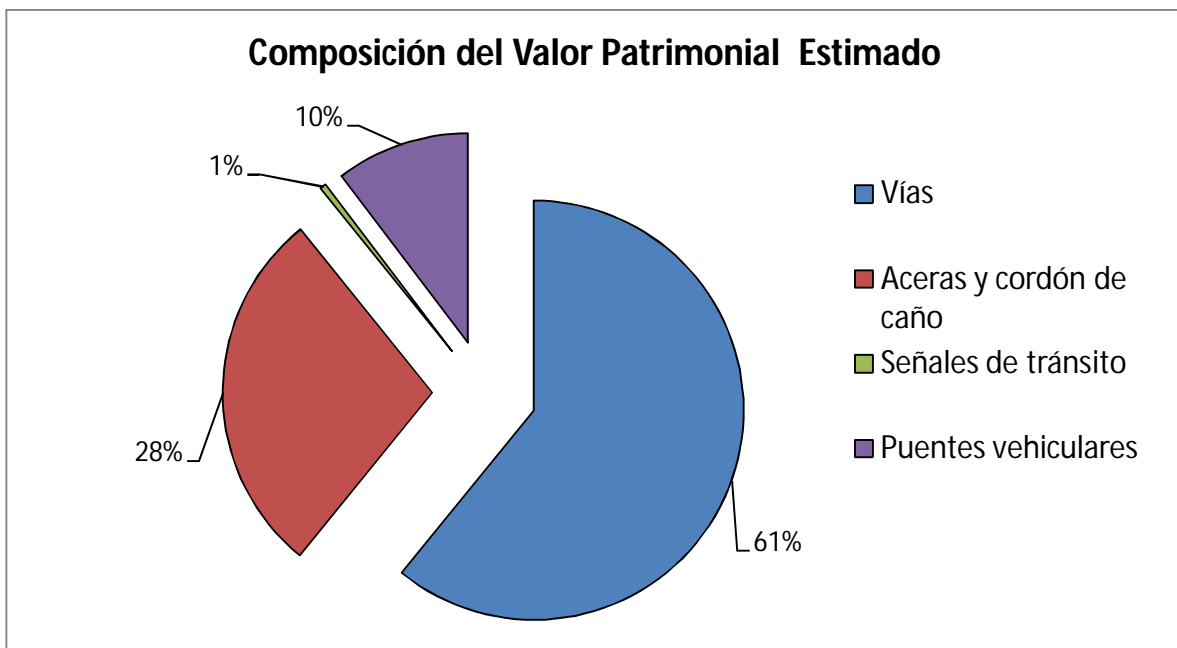


Figura 30. Composición del valor patrimonial estimado en el distrito San Francisco



## 10 CONCLUSIONES

- El valor patrimonial estimado para los activos viales en el distrito San Francisco es de **¢10.150.020.964,43**, 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 61% del valor patrimonial corresponde a las vías pavimentadas, un 28% aceras y cordones de caño y un 10% a los puentes vehiculares.
- La mayoría de la red vial muestra comportamientos regulares y buenos, reflejados en valores altos de PCI, sin embargo se tienen zonas con valores altos de deflectometría que reflejan una capacidad estructural reducida (especialmente en la zona de Guararí); adicionalmente los valores de IRI obtenidos son considerados regulares en la mayoría del distrito. Estas condiciones indican que esta red vial distrital podría deteriorarse a una tasa mayor y sería sensible a cambios en la configuración del tránsito.
- 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.

	Fecha de emisión: Noviembre, 2016	Página 54 de 81
--	-----------------------------------	-----------------



- En el caso de los puentes, únicamente el caso del puente sobre Quebrada Guararí constituye un riesgo en la actualidad para los usuarios y amerita una intervención mayor o reconstrucción. Las demás estructuras se encuentran en condiciones adecuadas de funcionamiento según se refleja en los documentos digitales adjuntos.
- 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 San Francisco.
- 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 La Unión, 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

Código Camino	Jerarquía Municipalidad	Jerarquía TPD	TPD	ESAL 15 años	FWD Promedio	FWD Clasificación	IRI Promedio	IRI Clasificación	PCI Promedio	PCI Clasificación	Longitud (m)	Ancho (m)	Estructura modelo				Cantidades de material				Valor Patrimonial
													Subbase (cm)	Base (cm)	Carpeta (cm)	Losa concreto (cm)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	Losa concreto (m3)	
401099	Secundaria	Secundaria	4637	336783	130,10	Muy deficiente	7,71	Malo	51,25	Regular	5656	6	15	15	10,5	-	5090	5090	8552	-	€347.045.096,12
401099	Secundaria	Secundaria	4637	336783					100,00	Excelente	172	6	15	15	-	8	154	154	0	82	€19.028.852,67
401181	Secundaria	Primaria	9610	2348205	125,55	Muy deficiente	5,76	Regular	84,00	Muy Bueno	876	8	15	15	10,5	-	1051	1051	1766	-	€117.437.292,61
401179	Terciaria	Terciaria	1055	741524	71,69	Bueno	4,26	Regular	60,10	Bueno	101	6	15	15	9,5	-	91	91	139	-	€6.770.217,24
401193	Terciaria	Terciaria	1055	741524	71,69	Bueno	4,26	Regular	60,10	Bueno	898	7	15	15	9,5	-	943	943	1434	-	€70.036.992,04
401046	Secundaria	Primaria	9610	2348205	72,59	Regular	5,06	Regular	72,58	Muy Bueno	1884	9	15	15	10,5	-	2543	2543	4272	-	€245.531.386,45
401100	Terciaria	Terciaria	1055	741524	125,73	Muy deficiente	4,63	Regular	79,16	Muy Bueno	3017	7	15	15	9,5	-	3168	3168	4815	-	€309.755.002,32
401163	Terciaria	Terciaria	1055	741524	71,69	Bueno	4,26	Regular	60,10	Bueno	854	6	15	15	9,5	-	768	768	1168	-	€57.036.018,90
401163	Terciaria	Terciaria	1055	741524					100,00	Excelente	298	6	15	15	-	8	268	268	0	143	€33.022.334,02
401050	Primaria	Secundaria	6306	1263982	60,64	Bueno	3,33	Bueno	100,00	Excelente	441	8	20	15	12	-	705	529	1015	-	€80.688.480,99
401191	Terciaria	Terciaria	1055	741524	94,92	Deficiente	5,19	Regular	79,16	Muy Bueno	339	6	15	15	9,5	-	305	305	464	-	€29.852.782,91
401043	Primaria	Secundaria	6306	1263982	54,21	Bueno	4,30	Regular	98,83	Excelente	356	8	20	15	12	-	569	427	820	-	€64.428.962,79
401103	Secundaria	Terciaria	1055	741524	94,92	Deficiente	5,19	Regular	72,58	Muy Bueno	327	6	15	15	10,5	-	294	294	494	-	€28.418.006,46
401044	Primaria	Secundaria	6306	1263982	70,81	Bueno	4,48	Regular	85,69	Excelente	221	9	20	15	12	-	397	298	572	-	€38.938.424,23
401101	Terciaria	Terciaria	1055	741524	71,69	Bueno	4,26	Regular	100,00	Excelente	246	6	15	15	9,5	-	221	221	336	-	€27.339.971,76
401132	Terciaria	Primaria	1055	741524	163,13	Muy deficiente	2,63	Bueno	100,00	Excelente	498	6	15	15	9,5	-	448	448	681	-	€55.386.239,37
401029	Secundaria	Primaria	11162	2393680	112,53	Muy deficiente	6,84	Malo	85,80	Excelente	1616	8	15	15	10,5	-	1939	1939	3257	-	€221.315.542,39
401153	Terciaria	Primaria	11162	2393680	163,13	Muy deficiente	2,63	Bueno	100,00	Excelente	244	8	15	15	9,5	-	292	292	444	-	€36.122.406,58
401102	Terciaria	Secundaria	4637	336783	94,92	Deficiente	5,19	Regular	84,67	Muy Bueno	1425	8	15	15	9,5	-	1709	1709	2598	-	€178.798.810,16
401177	Terciaria	Terciaria	1055	741524	94,92	Deficiente	5,19	Regular	84,67	Muy Bueno	161	6	15	15	9,5	-	145	145	220	-	€15.126.272,39
401124	Terciaria	Terciaria	1055	741524	94,92	Deficiente	5,19	Regular	84,67	Muy Bueno	66	6	15	15	9,5	-	59	59	90	-	€6.194.748,08
401151	Terciaria	Secundaria	5528	724318	47,48	Bueno	6,18	Regular	60,00	Bueno	221	8	15	15	9,5	-	265	265	403	-	€19.655.772,54
401045	Secundaria	Secundaria	5528	724318	21,41	Bueno	6,07	Regular	86,82	Excelente	464	10	15	15	10,5	-	696	696	1169	-	€80.388.686,59
401034	Secundaria	Secundaria	5528	724318	66,02	Bueno	5,78	Regular	100,00	Excelente	43	6	15	15	10,5	-	39	39	65	-	€5.156.456,57
401112	Secundaria	Secundaria	3127	295296	134,75	Muy deficiente	5,62	Regular	82,00	Muy Bueno	1080	8	15	15	10,5	-	1295	1295	2176	-	€141.315.650,69
401052	Primaria	Primaria	11067	2085713	60,82	Bueno	8,87	Malo	54,40	Regular	180	8	20	15	12	-	288	216	415	-	€17.938.607,52
401171	Primaria	Primaria	11067	2085713					100,00	Excelente	362	7	20	15	-	8	507	380		203	€48.853.229,40
401194	Terciaria	Secundaria	2832	142172	94,32	Deficiente	4,40	Regular	91,33	Excelente	242	6	15	15	9,5	-	218	218	331	-	€24.606.428,53
401055	Primaria	Primaria	11067	2085713	60,82	Bueno	8,87	Malo	95,80	Excelente	183	6	20	15	12	-	219	164	315	-	€24.026.471,93
401035	Secundaria	Secundaria	3127	295296	90,86	Regular	3,48	Bueno	94,00	Excelente	270	8	15	15	10,5	-	324	324	544	-	€40.458.061,35
401192	Secundaria	Secundaria	2832	142172	134,75	Muy deficiente	5,62	Regular	82,00	Muy Bueno	388	6	15	15	10,5	-	349	349	586	-	€38.054.610,30
401109	Secundaria	Secundaria	2155	124540	94,32	Deficiente	4,40	Regular	96,79	Excelente	898	7	15	15	10,5	-	942	942	1583	-	€121.340.419,06
401025	Primaria	Primaria	11067	2085713	111,56	Muy deficiente	4,06	Regular	95,89	Excelente	829	8	20	15	12	-	1326	994	1909	-	€145.528.614,04
401113	Terciaria	Secundaria	2832	142172	48,51	Bueno	4,67	Regular	91,33	Excelente	2040	7	15	15	9,5	-	2142	2142	3256	-	€241.721.016,55
401113	Terciaria	Secundaria	2832	142172					100,00	Excelente	637	7	15	15	-	8	669	669	0	357	€82.424.845,99





Tabla de aceras y cordón de caño

Cod.Muni	Área de aceras (m2)		
	Lado Der.	Lado Izq	Total
401001	576,77	1123,18	1699,95
401002	1318,99	1101,15	2420,14
401011	1325,2	1259,99	2585,19
401019	1977,07	2555,65	4532,72
401025	1624,67	1401,95	3026,62
401026	1127,78	691,91	1819,69
401029	985,85	2239,07	3224,92
401030	1595,95	1310,86	2906,81
401034		91,84	91,84
401035	624,13	549,78	1173,91
401036	400,33	364,25	764,58
401042	1663,73	799,76	2463,49
401043	273,36	318,83	592,19
401044	572,94	678,61	1251,55
401045	640,8	259,32	900,12
401046	3262,38	4196,81	7459,19
401050	425,92	838,06	1263,98
401052	389,19	163,47	552,66
401055	243,94	286,67	530,61
401075	317,06	228,08	545,14
401076	377,08	329,6	706,68
401077	1097,21	942,89	2040,1
401078	893,67	910,89	1804,56
401083	276,34	201,16	477,5
401084	1553,97	2012,97	3566,94
401085	1400,27	1076,69	2476,96
401087	293,55	351,91	645,46
401088	4544,5	4786,15	9330,65
401099	4779,29	5039,21	9818,5
401100	2705,66	2350,17	5055,83
401102	2085,96	1988,12	4074,08
401109	1483,86	1623,88	3107,74
401112	1750,83	1441,34	3192,17
401113	3334,21	3054,52	6388,73
401117	408,19	733,81	1142
401151	276,15	318,24	594,39
401153	304,94	407,02	711,96
401171	443,46	463,54	907
401172	206,63	323,69	530,32
401176	930,35	848,5	1778,85
401181	1070,78	1219,53	2290,31
401182	1776,16	1698,88	3475,04
401186	404,33	140,8	545,13
401187	842,43	961,88	1804,31
401188	680,15	873,92	1554,07
401193	963,16	1301,39	2264,55
<b>Total general</b>	<b>54229,19</b>	<b>55859,94</b>	<b>110089,13</b>





Cod.Muni	Longitud de cordón (m)		
	Lado Dere.	Lado Izq	Total
401001	615,47	536,32	1151,79
401002	448,03	426,01	874,04
401011	615,47	536,32	1151,79
401019	1258,17	1244,47	2502,64
401025	675,65	636,94	1312,59
401026	530,4	418,74	949,14
401029	1848,52	2096,65	3945,17
401030	633,05	422,82	1055,87
401034		41,11	41,11
401035	231,66	188,18	419,84
401036	173,03	169,15	342,18
401042	884,03		884,03
401043	134,88	114,25	249,13
401044	255,82	332,83	588,65
401045	370,87	219,99	590,86
401046	550,95	595,9	1146,85
401050	383,68	376,49	760,17
401052	87,15	116,58	203,73
401055	100,76	81,88	182,64
401075	176,89	129,98	306,87
401076	201,25	162,44	363,69
401077	452,84	427,43	880,27
401078	475,15	478,37	953,52
401083	192,63	72,12	264,75
401084	824,5	769,29	1593,79
401085	491,38	452,48	943,86
401087	147,39	134,77	282,16
401088	2220,48	2276,7	4497,18
401099	2690,62	3255,28	5945,9
401100	1804,86	1299,1	3103,96
401102	643,25	1043,8	1687,05
401109	894,01	873,07	1767,08
401112	779,23	686,9	1466,13
401113	1548,3	1522,52	3070,82
401117	237,52	289,16	526,68
401151	201,7	164,25	365,95
401153	45,74	214,76	260,5
401171	240,1	224,07	464,17
401172	208,9	202,5	411,4
401176	482,9	567,11	1050,01
401181	370,52	425,43	795,95
401182	876,37	757,9	1634,27
401186	119,82	140,05	259,87
401187	523,59	545,73	1069,32
401188	335,42	346,57	681,99
401193	512,2	444,69	956,89
<b>Total general</b>	<b>27495,15</b>	<b>26461,1</b>	<b>53956,25</b>



Estructuras de precios unitarios

204(1) SUBBASE GRADUACIÓN D					
<b>EXTRACCIÓN</b>					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
		3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	10	121.090,91
	Viaticos		349,80	50	17.490,00
				220.990,00	
Equipo	Track Drill	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
		0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	40.189,15	0	0,00
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL M	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	3	33.333,26	10	999.997,73
				1.751.506,64	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
		700	1.770,00	1	1.239.000,00
	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
				1.239.000,00	
Subtotal		3.211.496,64			
Produccion		650,00			
Costo		4.940,76			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
		3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18
	Viaticos		349,80	40	13.992,00
				187.219,27	
Equipo	Cargador 966H	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
		1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (s	1	82.215,56	10	822.155,55
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts	1	4.170,40	10	41.704,03
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts	1	4.170,40	10	41.704,03
	-----	0	0,00	0	0,00
				2.412.828,82	
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
				0,00	
Subtotal		2.600.048,09			
Produccion		600,00			
Costo		4.333,41			



COLOCACIÓN					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Peon		3	1.513,64	10	45.409,09
Encargado		1	3.700,00	10	37.000,00
Topografía		0	1.984,55	0	0,00
Operario 1		0	1.885,32	0	0,00
Operador 2		10	3.027,27	10	302.727,27
Viaticos			349,80	110	38.478,00
					423.614,36
Equipo		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Tanque Almacenamiento De		1	9.129,25	8	73.034,01
Compactador Vibratorio CS-		1	16.394,44	8	131.155,53
Niveladora 140H		1	37.469,41	8	299.755,30
-----		0	0,00	0	0,00
Vagoneta CV713 GRANITE		7	21.982,30	8	1.231.009,04
					1.734.953,88
Materiales		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Extraccion		600	4.940,76	1	2.964.458,44
Trituración		600	4.333,41	1	2.600.048,09
-----		0	0,00	0	0,00
-----		0	0,00	0	0,00
-----		0	0,00	0	0,00
					5.564.506,53

Subtotal		7.723.074,77
Produccion		600,00
Costo		12.871,79

Costo Fijo	20,26%
Repuestos	15,05%
Combustible	17,45%
Lubricantes	4,17%
Llantas	2,79%
Mano de Obra	8,44%
Materiales	11,85%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Factor produccion	1	
Administracion del proyecto	5%	643,59
Imprevisto	5%	643,59
Administracion oficina central	5%	643,59
Utilidad	10,0%	1.287,18
	<b>€/m3</b>	<b>16.089,74</b>

ESTRUCTURA MATERIALES			
	Extracción		Colocación
Canon	100,00%	-----	0,00%
Dinamita	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%		
-----	0,00%		
	<b>Trituración</b>		<b>TOTAL</b>
Canon	0,00%		100,000%
-----	0,00%		
-----	0,00%		
-----	0,00%		
-----	0,00%		



304(4) BASE AGREGADOS TRITURADOS					
<b>EXTRACCIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	6	3.363,64	11	222.000,00
	Viaticos		349,80	77	26.934,60
				339.584,60	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	4	33.333,26	10	1.333.330,31
				2.486.730,69	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Canon	700	1.770,00	1	1.239.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				1.239.000,00	
Subtotal		4.065.315,29			
Produccion		650,00			
Costo		6.254,33			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	4	3.363,64	11	148.000,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				257.889,00	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (secundario)	1	82.215,56	8	657.724,44
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	4.170,40	10	41.704,03
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Generador eléctrico 20 kW	1	6.960,81	10	69.608,08
Bamac	0	41.787,18	0	0,00	
				2.276.301,75	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		2.534.190,75			
Produccion		650,00			
Costo		3.898,76			





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	1.513,64	10	30.272,73
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	5	3.363,64	10	168.181,82
	Viaticos		349,80	60	20.988,00
					256.442,55
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	40.189,15	10	0,00
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	4	33.333,26	10	1.333.330,31
					2.084.839,22
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		3.314.781,77			
Produccion		550,00			
Costo		6.026,88			
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	4	3.363,64	10	134.545,45
	Viaticos		349,80	50	17.490,00
					234.444,55
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (secund)	1	82.215,56	10	822.155,55
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.170,40	10	166.816,14
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Generador eléctrico 250 kW	1	56.465,88	10	564.658,80
	Barmac	1	41.787,18	10	417.871,84
				3.478.767,52	
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		3.713.212,07			
Produccion		450,00			
Costo		8.251,58			



PRODUCCION DE LA MEZCLA					
		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Mano de Obra	Peon	2	1.513,64	10	30.272,73
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	2	2.083,77	10	41.675,45
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18
	Viaticos		349,80	60	20.988,00
Equipo		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Generador eléctrico 1000 kW	1	191.344,57	10	1.913.445,68
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Planta De Asfalto RM-40 A	1	108.622,07	10	1.086.220,72
	Back Hoe 416 E	1	22.038,07	10	220.380,68
	Diesel caldera	1	348,00	450	156.600,00
	Diesel planta eléctrica	1	348,00	450	156.600,00
	Vagoneta CV713 GRANITE	2	21.982,30	8	351.716,87
					4.335.650,13
Materiales		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Canon	450	1.770,00	1	796.500,00
	AC 30 (Cemento asfáltico)	450	270,00	27	3.280.500,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					4.077.000,00

Subtotal	8.633.404,49
<b>Produccion</b>	<b>450,00</b>
Costo	19.185,34

COLOCACIÓN					
		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Mano de Obra	Peon	4	1.513,64	10	60.545,45
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	3	1.984,55	10	59.536,36
	Operario 2	3	3.027,27	10	90.818,18
	Operador 3	7	3.363,64	10	235.454,55
	Viaticos		349,80	140	48.972,00
Equipo		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Tanque Almacenamiento De Agua	1	9.129,25	10	91.292,52
	Compactadora 2 Bolillos CB-534C	2	10.880,74	10	217.614,86
	Compactador ( Llantas De Hule ) C	2	16.731,75	10	334.635,03
	Distribuidor De Asfalto F75	1	19.793,63	10	197.936,30
	Finisher AP-1050	1	85.729,30	10	857.293,01
	Vagoneta CV713 GRANITE	5	21.982,30	10	1.099.115,21
					2.797.886,92
Materiales		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Extraccion	550	6.026,88	1	3.314.781,77
	Trituración	450	8.251,58	1	3.713.212,07
	Producción de la mezcla	450	19.185,34	1	8.633.404,49
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					15.661.398,33

Subtotal	18.991.611,79
<b>Produccion</b>	<b>400,00</b>
Costo	47.479,03

Costo Fijo	16,38%
Repuestos	13,13%
Combustible	18,05%
Lubricantes	3,10%
Llantas	1,50%
Mano de Obra	5,24%
Materiales	21,27%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>

Factor produccion		
Administracion del proyecto	5%	2.373,95
Imprevisto	5%	2.373,95
Administracion oficina central	5%	2.373,95
Utilidad	10,0%	4.747,90
	<b>c/ton</b>	<b>59.348,79</b>

ESTRUCTURA MATERIALES			
<b>Extracción</b>		<b>Producción de la mezcla</b>	
Canon	19,28%	Canon	15,77%
Dinamita	0,00%	AC 30 (Cemento asfáltico)	64,95%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
<b>Trituración</b>		<b>Colocación</b>	
Canon	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%

**TOTAL** 100,00%



501(2) PAVIMENTO DE HORMIGON				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	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operario 2	4	3.027,27	11	133.200,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				<b>243.089,00</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	40.189,15	10	0,00
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685SX	3	33.333,26	10	999.997,73
				<b>999.997,73</b>	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	700,00	1.770,00	1	1.239.000,00
	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
				<b>1.239.000,00</b>	
	FACTOR	<b>0,85</b>			
Subtotal		2.482.086,73			
Produccion		<b>650,00</b>			
Costo		3.818,59			
<b>501(2) PAVIMENTO DE HORMIGON</b>					
<b>TRITURACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operario 3	4	3.363,64	11	148.000,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				<b>257.889,00</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	0	45.068,62	0	0,00
	Cargador 980H	0	55.488,06	0	0,00
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	7	263.495,19
	Triturador De Finos B8100 (se	1	82.215,56	7	575.508,89
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.170,40	7	116.771,30
	Criba	1	12.527,67	7	87.693,72
	Generador eléctrico 250 kW	1	56.465,88	7	395.261,16
	Barmac	1	41.787,18	7	292.510,29
				<b>1.731.240,54</b>	
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
				<b>0,00</b>	
Subtotal		1.989.129,54			
Produccion		<b>500,00</b>			
Costo		3.978,26			





501(2) PAVIMENTO DE HORMIGON					
<b>PRODUCCION DEL HORMIGON</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	4	1.513,64	11	66.600,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 2	9	3.027,27	11	299.700,00
	Viaticos		349,80	110	38.478,00
				<b>445.478,00</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Generador eléctrico 250 kW	1	56.465,88	9	508.192,92
	Compresor 185	1	7.976,84	9	71.791,60
	Planta De Asfalto RM-40 A	1	108.622,07	9	977.598,65
	Tanque Almacenamiento De A	1	9.129,25	10	91.292,52
	Vagoneta CV713 GRANITE	1	21.982,30	420	9.232.567,79
				<b>10.881.443,47</b>	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	0	6.400,00	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		11.326.921,47			
Produccion		500,00			
Costo		22.653,84			
501(2) PAVIMENTO DE HORMIGON					
<b>COLOCACIÓN</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	10	1.513,64	11	166.500,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	3	1.984,55	4	23.814,55
	Operario 2	4	2.083,77	11	91.686,00
	Operador 2	12	3.027,27	11	399.600,00
	Viaticos		349,80	199	69.610,20
				<b>791.910,75</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Vibrador de concreto de cuell	1	1.239,00	1	1.239,00
	Mezcladora (chompipa) C1713	1	45.830,28	8	366.642,27
	Finisher AP-1050	1	85.729,30	8	685.834,41
	Sierra para hormigon	1	3.155,38	8	25.243,04
				<b>1.078.958,72</b>	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Extraccion	40	3.818,59	1	152.743,80
	Trituración	40	3.978,26	1	159.130,36
	Producción del hormigon	40	22.653,84	1	906.153,72
	Sellador autoniv.	0	1.000,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	40	6.400,00	9	2.304.000,00
	Baker Rod CMR	0	1,00	8	0,00
				<b>3.522.027,88</b>	
Subtotal		5.392.897,35			
Produccion		40,00			
Costo		134.822,43			
Factor produccion	1,5				
Administracion del proyecto	5%	6.741,12			
Imprevisto	5%	6.741,12			
Administracion oficina central	5%	6.741,12			
Utilidad	10,0%	13.482,24			
		<b>¢/m3</b>	<b>168.528,04</b>		
Costo Fijo				9,71%	
Repuestos				8,83%	
Combustible				10,49%	
Lubricantes				1,55%	
Liantas				1,30%	
Mano de Obra				12,80%	
Materiales				35,31%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
<b>Total</b>				<b>100%</b>	



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
<b>EXTRACCION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	11	99.900,00
	Viaticos		349,80	44	15.391,20
				205.941,20	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	75.150,89	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	33.333,26	10	666.665,16
				1.068.556,63	
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
				885.000,00	
Factor de produccion		1,40			
Subtotal		2.159.497,83			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		4.798,88			
<b>TRITURACION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	11	133.200,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				243.089,00	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	8	360.548,94
	Cargador 980H	1	55.488,06	8	443.904,46
	Quebrador 30X42 (prim	1	37.642,17	8	301.137,36
	Triturador De Finos B8	1	82.215,56	8	657.724,44
	Combeyer (faja 30 X 14	4	4.170,40	8	133.452,91
	Criba	1	12.527,67	8	100.221,40
	Generador eléctrico 100	1	191.344,57	8	1.530.756,54
Barmac	0	41.787,18	0	0,00	
				3.527.746,05	
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		3.770.835,05			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		8.379,63			



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
<b>PRODUCCION DEL HORMIGON</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	1	1.513,64	6	9.081,82
	Encargado	0	3.700,00	0	0,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	8	96.872,73
	Viaticos		349,80	32	11.193,60
				<b>117.148,15</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Generador eléctrico 100	1	191.344,57	10	1.913.445,68
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Planta de concreto	1	108.622,07	10	1.086.220,72
	Vagoneta CV713 GRAH	1	21.982,30	10	219.823,04
	Tanque Almacenamiento	1	9.129,25	10	91.292,52
				<b>3.761.468,13</b>	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	156	6.400,00	1	998.400,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				<b>998.400,00</b>	
Subtotal		4.877.016,28			
<b>Produccion</b>		<b>60,00</b>			
Costo		81.283,60			
<b>COLOCACION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	6	1.513,64	10	90.818,18
	Encargado	1	3.700,00	4	14.800,00
	Topografía	1	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	2	1.885,32	10	37.706,36
	Operador 2	1	3.027,27	10	30.272,73
	Viaticos		349,80	34	11.893,20
				<b>185.490,47</b>	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Vibrador de concreto de	1	1.239,00	5	6.195,02
	Mezcladora (chompipa)	2	45.830,28	4	366.642,27
				<b>372.837,29</b>	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Extracción	24,0	4.798,88	1	115.173,22
	Trituración	24,0	8.379,63	1	201.111,20
	Producción del hormigón	24,0	81.283,60	1	1.950.806,51
	Cemento Portland Saco	0,0	6.400,00	0	0,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
Formaleta	0	1.000,00	0	0,00	
				<b>2.267.090,93</b>	
Subtotal		2.825.418,70			
<b>Produccion</b>		<b>24,00</b>			
Costo		117.725,78			
Costo Fijo				15,79%	
Repuestos				12,60%	
Combustible				27,10%	
Lubricantes				3,23%	
Llantas				1,38%	
Mano de Obra				7,26%	
Materiales				12,64%	
Administración				8,00%	
Imprevisto				4,00%	
Utilidad				8,00%	
				<b>Total</b>	<b>100%</b>
Espesor (m)		0,1			
Factor produccion		1			
Administracion del proyecto	5%	5.886,29			
Imprevisto	5%	5.886,29			
Administracion oficina central	5%	5.886,29			
Utilidad	10,0%	11.772,58			
		<b>¢/m3</b>	<b>147.157,22</b>		
		<b>¢/m2</b>	<b>14.715,72</b>		
<b>ESTRUCTURA MATERIALES</b>					
<b>Extracción</b>			<b>Producción del hormigón</b>		
Canon	46,99%		Canon	0,00%	
Dinamita	0,00%		Cemento Portland S	53,01%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
<b>Trituración</b>			<b>Colocación</b>		
-----	0,00%		Cemento Portland S	0,00%	
-----	0,00%		Cemento Aditivos	0,00%	
-----	0,00%		Formaleta	0,00%	
-----	0,00%				
-----	0,00%				
-----	0,00%				



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA				Tipo de cambio	1,00
<b>EXTRACCION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	11	99.900,00
	Viaticos		349,80	44	15.391,20
					205.941,20
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	75.150,89	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	33.333,26	10	666.665,16
					1.068.556,63
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		2.159.497,83			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		4.798,88			
<b>TRITURACION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	11	133.200,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
					243.089,00
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	8	360.548,94
	Cargador 980H	1	55.488,06	8	443.904,46
	Quebrador 30X42 (prim)	1	37.642,17	8	301.137,36
	Triturador De Finos B8	1	82.215,56	8	657.724,44
	Combeyer (faja 30 X 14	3	4.170,40	8	100.089,68
	Criba	1	12.527,67	8	100.221,40
	Generador eléctrico 20	1	6.960,81	8	55.686,47
Barmac	0	41.787,18	0	0,00	
					2.019.312,75
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		2.262.401,75			
<b>Produccion</b>		<b>450,00</b>			
Costo		5.027,56			



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA					
<b>PRODUCCION DEL HORMIGON</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	2	1.513,64	10,0	30.272,73
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 2	1	3.027,27	3,0	9.081,82
	Viaticos		349,80	13	4.547,40
					80.901,95
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Planta de Concreto	1	108.622,07	1	54.311,04
	Back Hoe 416 E	1	22.038,07	1	11.019,03
	Mezcladora de concret	0	1.867,28	0	0,00
	Vagoneta CV713 GRAH	1	21.982,30	1	10.991,15
	Pick Up Hilux DX	1	8.818,21	1	8.818,21
					85.139,44
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	6	6.400,00	1	38.400,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					38.400,00
Subtotal		204.441,38			
<b>Produccion</b>		<b>1,00</b>			
<b>Costo</b>		<b>204.441,38</b>			
<b>COLOCACION</b>					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	6	1.513,64	10	90.818,18
	Encargado	1	3.700,00	4	14.800,00
	Topografía	1	1.984,55	1	1.984,55
	Operario 1	2	1.885,32	10	37.706,36
	Operador 2	0	3.027,27	0	0,00
	Viaticos		349,80	25	8.745,00
					154.054,09
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Vibrador de concreto de	1	1.239,00	4	4.956,01
	Mezcladora (chompipa)	1	45.830,28	1	45.830,28
					50.786,30
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Extraccion	6,0	4.798,88	1	28.793,30
	Trituración	6,0	5.027,56	1	30.165,36
	Producción del hormigón	6,0	204.441,38	1	1.226.648,29
	Cemento Portland Saco	0,0	6.400,00	0	0,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
	Formaleta	6	1.000,00	2	12.000,00
					1.297.606,95
Subtotal		1.502.447,34			
<b>Produccion</b>		<b>6,00</b>			
<b>Costo</b>		<b>250.407,89</b>			
Volumen de cordón	0,07425				
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	12.520,39			
Imprevisto	5%	12.520,39			
Administracion oficina central	5%	12.520,39			
Utilidad	10,0%	25.040,79			
	<b>¢/m3</b>	<b>313.009,86</b>			
	<b>¢/m</b>	<b>23.240,98</b>			
<b>ESTRUCTURA MATERIALES</b>					
<b>Extracción</b>			<b>Producción del hormigón</b>		
Canon	94,61%		Canon	0,00%	
Dinamita	0,00%		Cemento Portland S	4,11%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
<b>Trituración</b>			<b>Colocación</b>		
-----	0,00%		Cemento Portland S	0,00%	
-----	0,00%		Cemento Aditivos	0,00%	
-----	0,00%		Fomaleta	1,28%	
-----	0,00%		-----		
-----	0,00%		-----		
-----	0,00%		-----		

Costo Fijo	14,04%
Repuestos	10,34%
Combustible	6,00%
Lubricantes	0,92%
Llantas	0,80%
Mano de Obra	34,37%
Materiales	13,54%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>



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	1.513,64	8	48.436,36
	Encargado	1	3.700,00	8	29.600,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 1	1	2.522,73	8	20.181,82
	Viaticos		349,80	16	5.596,80
					103.814,98
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	13.413,72	10	134.137,24
					254.137,24
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		763.452,22			
<b>Produccion</b>		15,00			
Costo		50.896,81			
Administracion del proyecto	5%	2.544,84			
Imprevisto	5%	2.544,84			
Administracion oficina central	5%	2.544,84			
Utilidad	10,0%	5.089,68			
	<b>¢/unidad</b>	<b>63.621,02</b>			
Costo Fijo		11,17%			
Repuestos		3,72%			
Combustible		6,62%			
Lubricantes		4,26%			
Llantas		0,87%			
Mano de Obra		10,88%			
Materiales		42,49%			
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	1.513,64	8	48.436,36
	Encargado	1	3.700,00	4	14.800,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 1	0	2.522,73	0	0,00
	Viaticos		349,80	4	1.399,20
					64.635,56
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pick Up Hilux DX	1	8.818,21	8	70.545,71
					70.545,71
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		937.981,28			
<b>Produccion</b>		<b>12,00</b>			
Costo		78.165,11			
Administracion del proyecto	5%	3.908,26			
Imprevisto	5%	3.908,26			
Administracion oficina central	5%	3.908,26			
Utilidad	10,0%	7.816,51			
	<b>¢/unidad</b>	<b>97.706,38</b>			
			Costo Fijo	1,36%	
			Repuestos	0,80%	
			Combustible	3,41%	
			Lubricantes	0,21%	
			Llantas	0,24%	
			Mano de Obra	5,51%	
			Materiales	68,47%	
			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			
<b>NOMBRE PROYECTO</b>	Valor Patrimonial Distrito San Francisco-Heredia		
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	San Francisco-Heredia (CALLES PRIMARIAS)		
<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>			
<b>Parámetros de entrada</b>			
Ejes equivalentes	$W_{18}$	1.583.468,00	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiability	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	$M_{refl}$	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-1)
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-2)
Diferencia de índices de servicio	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000168257	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>3,481</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	-0,000538282		
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>2,091</b>	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	4,752 "	12,07 cm	
D1* (utilizado)	4,764 "	<b>12 cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> <b>Ok</b>
SN1* de ec (5)	2,096		
Valor de precisión solver al igualar a 0	1,52222E-08		
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>2,699</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)	4,465 "	11,34 cm	
D2* (utilizado)	5,906 "	<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>
SN2* de ec (7)	0,797		
SN1*+SN2* de ec (8)	2,89 >	2,699	<b>Ok</b>
<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>3,481</b>	De (11) o (1)	
a3	0,110		De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
m3	1,00		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
D3 min de ec (8)	5,343 "	13,57 cm	
D3* utilizado	7,874 "	<b>20 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>



HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
<b>NOMBRE PROYECTO</b>	Valor Patrimonial Distrito San Francisco-Heredia		
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	San Francisco-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>			
<b>Parámetros de entrada</b>			
Ejes equivalentes	$W_{18}$	691.703,00	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiability	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	$M_{refl}$	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-1)
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-2)
Diferencia de índices de servicio	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		0,000359343	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>3,037</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	0,000621298		
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>1,816</b>	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	4,127 "	10,48 cm	
D1* (utilizado)	4,134 "	<b>10,5 cm</b>	<b>CARPETA ASFALTICA</b> <b>Ok</b>
SN1* de ec (5)	1,819		
Valor de precisión solver al igualar a 0	7,61866E-09		
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>2,351</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)	3,944 "	10,02 cm	
D2* (utilizado)	5,906 "	<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>
SN2* de ec (7)	0,797		
SN1*+SN2* de ec (8)	2,62 >	2,351 <b>Ok</b>	
<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>3,037</b>	De (11) o (1)	
a3	0,110		De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
m3	1,00		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
D3 min de ec (8)	3,826 "	9,72 cm	
D3* utilizado	5,906 "	<b>15 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>



HOJA DE CÁLCULO DE ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
<b>NOMBRE PROYECTO</b>	Valor Patrimonial Distrito San Francisco-Heredia		
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	San Francisco-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	$W_{18}$	484.411,00	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	$M_{reft}$	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-1)
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-2)
Diferencia de índices de servicio	$\Delta PSI$	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000208608	
<b>Cálculo de SN requerido</b>		<b>2,710</b>	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0



**Paso 2 Diseño de espesores de capa**

$$D^*_{1} \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (3) \quad SN^*_{2} = a_2 m_2 D^*_{2} \quad (6)$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2) \quad SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1 \quad (4) \quad SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2 \quad (7)$$

$$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2} \quad (5) \quad D^*_{3} \geq \frac{SN_3 - (SN^*_{1} + SN^*_{2})}{a_3 m_3} \quad (8)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_B) - 8.07 \quad (9)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_2 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_{SB}) - 8.07 \quad (10)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_3 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (11)$$

Valor de precisión solver al igualar a 0	0,000623647
<b>Cálculo de SN1 (CARPETA)</b>	<b>1,610</b>
a1	0,440
D1 min de ec (4)	3,659 "
D1* (utilizado)	3,740 "
SN1* de ec (5)	1,646

De (9) → De nomograma

9,29 cm	
<b>9,5 cm</b>	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> <b>Ok</b>

Valor de precisión solver al igualar a 0	-2,70886E-08
<b>Cálculo de SN2 (BASE)</b>	<b>2,096</b>
a2	0,135
m2	1,00
D2 min de ec (6)	3,337 "
D2* (utilizado)	5,906 "
SN2* de ec (7)	0,797

De (10) → Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)  
→ De Tabla 2.4 (Pag II-25)

8,48 cm	
<b>15 cm</b>	<b>BASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>

SN1\*+SN2\* de ec (8) 2,44 >

2,096 **Ok**

<b>SN3 (SUBBASE)</b>	<b>2,710</b>
a3	0,110
m3	1,00
D3 min de ec (8)	2,428
D3* utilizado	5,906

De (11) o (1) → De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)  
→ De Tabla 2.4 (Pag II-25)

6,17 cm	
<b>15 cm</b>	<b>SUBBASE GRANULAR</b> <b>Ok</b>