



Universidad de Costa Rica  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
LanammeUCR

Proyecto: LM-PI-GM-08-12

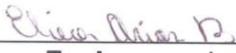
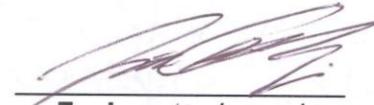
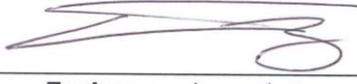
**COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS:  
NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR), NOTAS  
CALIDAD (FWD-IRI) Y PCI, PARA  
ESCOGENCIA DE TIPO INTERVENCIÓN EN  
LAS REDES VIALES CANTONALES**

Preparado por:  
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica  
Setiembre, 2012



Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-UM-08-12		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS: NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR), NOTAS CALIDAD (FWD-IRI) Y PCI, PARA ESCOGENCIA DE TIPO INTERVENCIÓN EN LAS REDES VIALES CANTONALES		<b>4. Fecha del Informe:</b> Agosto, 2012
<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>En este informe se realiza una comparación de las diferentes ventanas de operación que se pueden obtener, al utilizar las metodologías de: notas de calidad (FWD-VIZIR), PCI y notas de calidad (FWD-IRI), además en la metodología del PCI se utilizaron valores máximos y mínimos de Área e IRI, provenientes de bases de datos distintas para simular las condiciones esperadas en la Red Vial Nacional y Red Vial Cantonal, por otro lado en la metodología de notas de calidad (FWD-IRI) se utilizaron los rangos de IRI propios del método y se propusieron rangos nuevos para simular la condición de la Red Vial Cantonal. Dentro de los resultados más relevantes es que existe una diferencia importante de los kilómetros por reconstruir de una metodología a otra, y el planteamiento de una escenario menos riguroso redujo significativamente la cantidad de kilómetros por reconstruir.</i>		
<b>10. Palabras clave</b> Gestión, RVC, RVN, Zarcero, Tilarán, Montes de Oro, Notas de calidad, PCI, IRI, VIZIR, Deflectometría, FWD	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 62
<b>13. Autores:</b> Ing. Eliécer Arias Barrantes                      Ing. Jaime Allen Monge, MSc                      Ing. Sharline López Ramírez     <b>Fecha:</b> 18 / 09 / 2012 <b>Fecha:</b> 19 / 9 / 2012 <b>Fecha:</b> 19 / 09 / 2012		
	<b>14. Revisado por:</b> Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal   <b>Fecha:</b> 19 / 9 / 2012	<b>15. Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Loría Salazar, MSc Coordinador General PITRA   <b>Fecha:</b> 24 / 9 / 2012

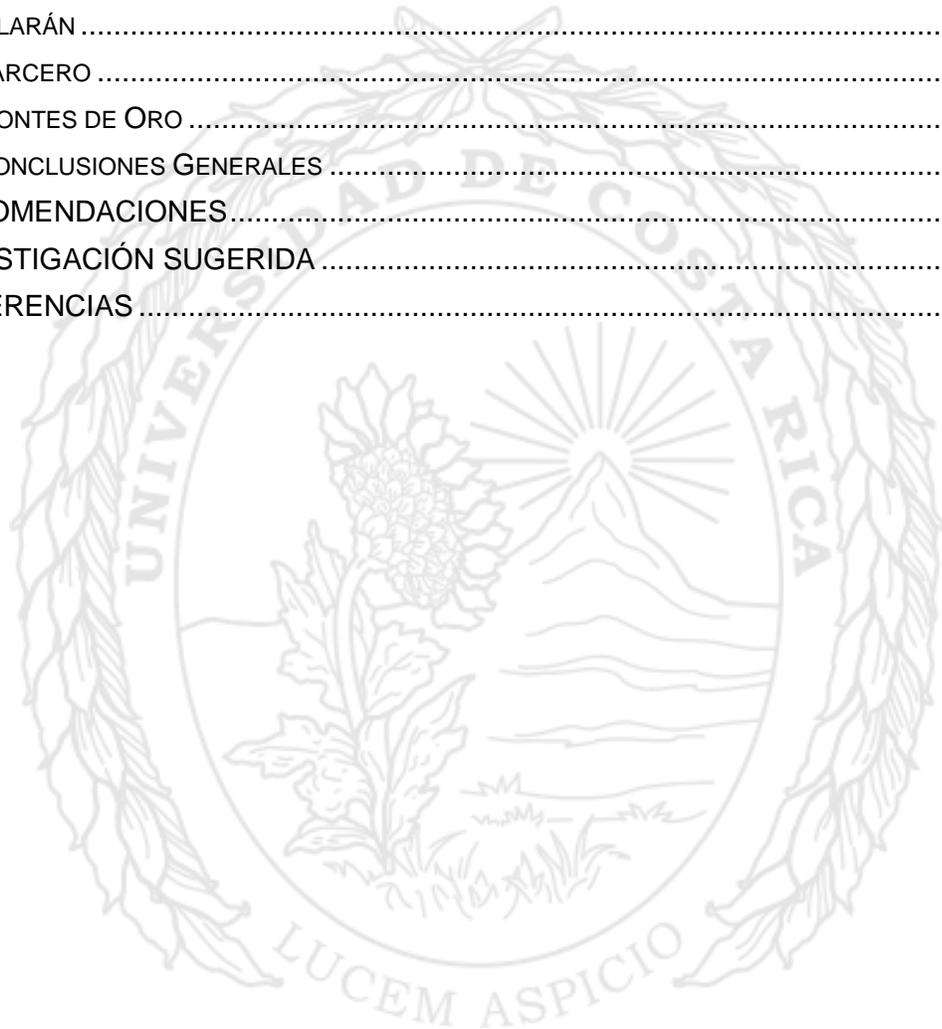


## ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1	OBJETIVO GENERAL .....	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.3	ANTECEDENTES .....	12
1.4	JUSTIFICACIÓN.....	13
1.5	ALCANCE Y LIMITACIONES.....	13
2	METODOLOGÍA PROPUESTA .....	14
2.1	MARCO TEÓRICO .....	14
2.1.1	<i>METODOLOGÍA PCI</i> .....	15
2.1.2	<i>METODOLOGÍA NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR)</i> .....	17
2.1.2.1	<i>Definición de las notas de calidad (FWD-VIZIR)</i> .....	19
2.1.3	<i>METODOLOGÍA NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI)</i> .....	20
2.1.3.1	<i>Definición de las notas de calidad (FWD-IRI)</i> .....	21
2.2	METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	23
2.2.1	<i>SELECCIÓN DE MUNICIPIOS</i> .....	25
2.2.2	<i>ESCENARIOS PLANTEADOS</i> .....	25
2.2.2.1	<i>Notas de calidad (FWD-IRI)</i> .....	25
2.2.2.2	<i>Notas calidad (FWD-VIZIR)</i> .....	26
2.2.2.3	<i>PCI</i> .....	26
2.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS, HALLAZGOS Y OBSERVACIONES.....	26
2.3.1	<i>MUNICIPALIDAD DE TILARÁN</i> .....	26
2.3.1.1	<i>Metodología PCI</i> .....	30
2.3.1.2	<i>Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)</i> .....	32
2.3.1.3	<i>Metodología notas de calidad (FWD-IRI)</i> .....	33
2.3.2	<i>MUNICIPALIDAD DE ZARCERO</i> .....	35
2.3.2.1	<i>Metodología PCI</i> .....	38
2.3.2.2	<i>Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)</i> .....	40
2.3.2.3	<i>Metodología notas de calidad (FWD-IRI)</i> .....	42
2.3.3	<i>MUNICIPALIDAD DE MONTES DE ORO</i> .....	44
2.3.3.1	<i>Metodología PCI</i> .....	47
2.3.3.2	<i>Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)</i> .....	49
2.3.3.3	<i>Metodología notas de calidad (FWD-IRI)</i> .....	50



2.3.4	COMPARACIÓN DE ENTRE LAS METODOLOGÍAS UTILIZADAS.....	53
2.3.5	RESULTADOS GENERALES .....	56
2.3.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA METODOLOGÍA.....	57
2.3.6.1	Notas de calidad (FWD-VIZIR).....	57
2.3.6.2	Notas de calidad (FWD-IRI) .....	58
2.3.6.3	PCI.....	58
3	CONCLUSIONES POR RED ANALIZADA .....	59
3.1	TILARÁN .....	59
3.2	ZARCERO .....	59
3.3	MONTES DE ORO .....	59
3.4	CONCLUSIONES GENERALES .....	60
4	RECOMENDACIONES .....	61
5	INVESTIGACIÓN SUGERIDA .....	61
6	REFERENCIAS .....	61





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> CONDICIÓN DEL PAVIMENTO SEGÚN PCI. ....	16
<b>TABLA 2.</b> NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR).....	19
<b>TABLA 3.</b> RECALIFICACIÓN PARA TRAMOS EN CONDICIÓN INTERMEDIA. ....	19
<b>TABLA 4.</b> NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI). ....	21
<b>TABLA 5.</b> RANGOS DE IRI UTILIZADOS. ....	25
<b>TABLA 6.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI, RVN, TILARÁN. ...	30
<b>TABLA 7.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI,.....	31
PARÁMETROS DE RVC, TILARÁN. ....	31
<b>TABLA 8.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	32
CALIDAD (FWD-VIZIR), TILARÁN.....	32
<b>TABLA 9.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	33
CALIDAD (FWD-IRI), RED VIAL NACIONAL, TILARÁN. ....	33
<b>TABLA 10.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	34
CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVC, TILARÁN. ....	34
<b>TABLA 11.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI,.....	38
PARÁMETROS DE RVN, ZARCERO. ....	38
<b>TABLA 12.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI, RVC, ZARCERO.	39
<b>TABLA 13.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	41
CALIDAD (FWD-VIZIR), ZARCERO. ....	41
<b>TABLA 14.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	42
CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVN, ZARCERO.....	42
<b>TABLA 15.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	43
<b>TABLA 16.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI,.....	47
PARÁMETROS DE RVN, MONTES DE ORO. ....	47
<b>TABLA 17.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN PCI,.....	48
PARÁMETROS DE RVC, MONTES DE ORO. ....	48
<b>TABLA 18.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	50
CALIDAD (FWD-VIZIR), MONTES DE ORO.....	50
<b>TABLA 19.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	51
<b>TABLA 20.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD EVALUADA SEGÚN NOTAS DE .....	52
<b>TABLA 21.</b> VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (VIZIR).....	57



**TABLA 22.** VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (IRI). .....58  
**TABLA 23.** VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGÍA PCI. ....58

## ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1.** VENTANAS DE OPERACIÓN SEGÚN CONDICIÓN DE PCI. .... 17  
**FIGURA 2.** ESQUEMA DE INSPECCIÓN VISUAL EN METODOLOGÍA VIZIR..... 18  
**FIGURA 3.** METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL ESTUDIO..... 24  
**FIGURA 4.** CONDICIÓN SEGÚN LAS MEDICIONES DEL IRI Y DEFLECTOMETRÍA PARA LA MUNICIPALIDAD DE TILARÁN..... 28  
**FIGURA 5.** CONDICIÓN DE LAS VÍAS EVALUADAS SEGÚN LA METODOLOGÍA VIZIR PARA LA MUNICIPALIDAD DE TILARÁN. .... 29  
**FIGURA 6.** TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVN, MUNICIPALIDAD DE TILARÁN..... 30  
**FIGURA 7.** TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVC, MUNICIPALIDAD DE TILARÁN..... 31  
**FIGURA 8.** TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR), MUNICIPALIDAD DE TILARÁN. .... 32  
**FIGURA 9.** TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVN, MUNICIPALIDAD DE TILARÁN..... 34  
**FIGURA 10.** TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVC, MUNICIPALIDAD DE TILARÁN..... 35  
**FIGURA 11.** CONDICIÓN SEGÚN LAS MEDICIONES DEL IRI Y DEFLECTOMETRÍA PARA LA MUNICIPALIDAD DE ZARCERO. .... 37  
**FIGURA 12.** CONDICIÓN DE LAS VÍAS EVALUADAS SEGÚN LA METODOLOGÍA VIZIR PARA LA MUNICIPALIDAD DE ZARCERO..... 38  
**FIGURA 13.** DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVN, ZARCERO. .... 39



<b>FIGURA 14.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVC, ZARCERO. ....	40
<b>FIGURA 15.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR), ZARCERO. ....	41
<b>FIGURA 16.</b> TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVN, MUNICIPALIDAD DE ZARCERO.....	42
<b>FIGURA 17.</b> TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVC, MUNICIPALIDAD DE ZARCERO. ....	43
<b>FIGURA 18.</b> CONDICIÓN SEGÚN LAS MEDICIONES DEL IRI Y DEFLECTOMETRÍA PARA LA MUNICIPALIDAD DE MONTES DE ORO.....	45
<b>FIGURA 19.</b> CONDICIÓN DE LAS VÍAS EVALUADAS SEGÚN LA METODOLOGÍA VIZIR PARA LA MONTES DE ORO. ....	46
<b>FIGURA 20.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVN, MONTES DE ORO.....	47
<b>FIGURA 21.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DEL PCI, PARÁMETROS DE RVC, MONTES DE ORO.....	49
<b>FIGURA 22.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-VIZIR), MONTES DE ORO.....	50
<b>FIGURA 23.</b> TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVN, MUNICIPALIDAD DE MONTES DE ORO..	52
<b>FIGURA 24.</b> TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN METODOLOGÍA DE NOTAS DE CALIDAD (FWD-IRI), PARÁMETROS DE RVC, MUNICIPALIDAD DE MONTES DE ORO..	53
<b>FIGURA 25.</b> COMPARACIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN, MUNICIPALIDAD DE TILARÁN. ....	54
<b>FIGURA 26.</b> COMPARACIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN, MUNICIPALIDAD DE ZARCERO.....	55
<b>FIGURA 27.</b> COMPARACIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN, MUNICIPALIDAD DE MONTES DE ORO. ....	56



## Resumen Ejecutivo

En el presente estudio se realiza una comparación entre tres diferentes metodologías de análisis, que utilizan como parámetros de entrada las deflexiones a partir del equipo deflectómetro de impacto o “falling weight deflectometer” (FWD), mediciones del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) a partir del “Perfilómetro Inercial Laser” y evaluaciones a partir de la metodología Francesa VIZIR, la cual evalúa el pavimento a partir de una auscultación visual.

Las tres metodologías utilizadas son las siguientes, notas de calidad utilizando como indicador de la condición estructural las deflexiones a partir del FWD y como indicador de la condición superficial las evaluaciones con la metodología VIZIR, por otro lado se utilizó una metodología similar que también emplea notas de calidad pero utilizando como indicador de la condición superficial las mediciones del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la última metodología es un modelo matemático que relaciona el índice de condición del pavimento (PCI por sus siglas en ingles) a partir de ensayos no destructivos como lo son el IRI y las deflexiones con el FWD.

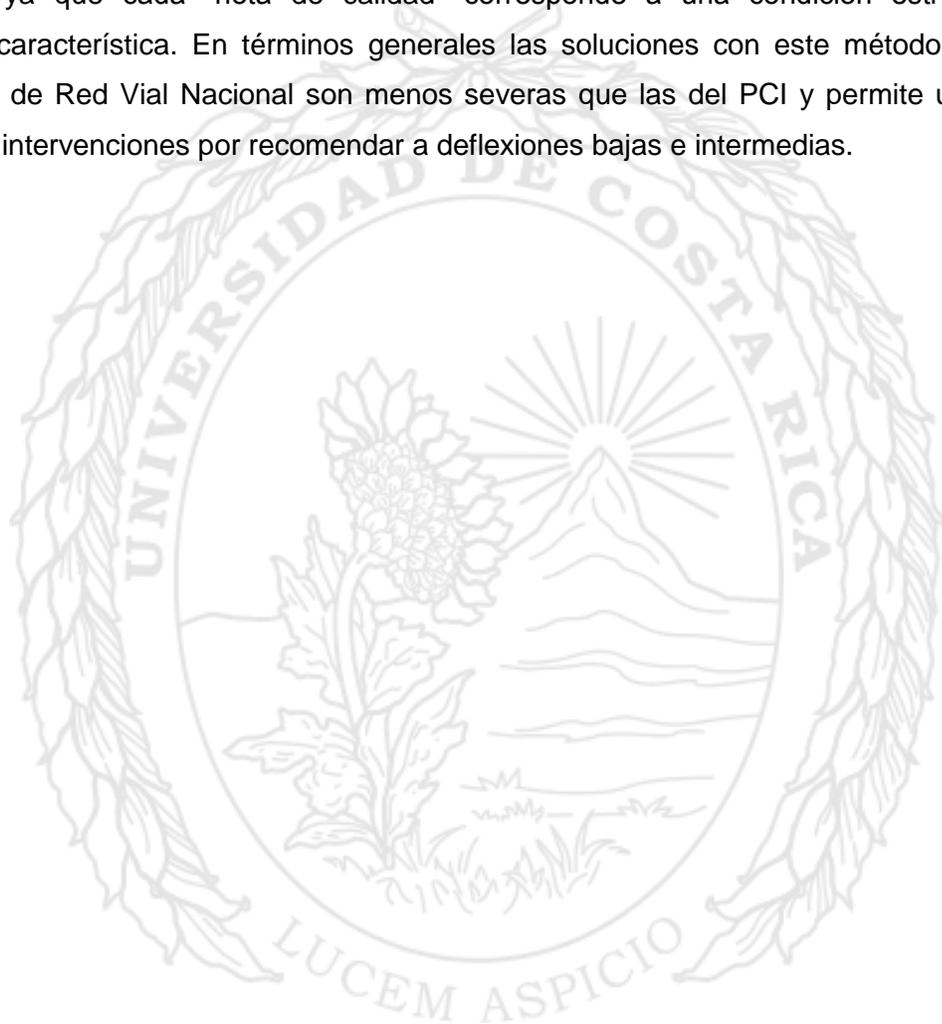
En el caso de las metodologías de notas de calidad (FWD-IRI) y PCI se plantearon dos escenarios, uno que fuera congruente con los estándares de calidad que son necesarios en las rutas nacionales debido al alto flujo vehicular y otro donde se flexibiliza el índice de rugosidad internacional (IRI), tomando en cuenta las velocidades de operación, nivel de servicio permitido y cantidad de usuarios finales con el fin que estén más acordes a la realidad de la Red Vial Cantonal, considerando que es necesario una transición progresiva en la calidad de la Red Vial Cantonal hacia los estándares más altos de servicio.

Dentro de los resultados más relevantes se encuentra que existe una diferencia muy importante en la cantidad de kilómetros por reconstruir de una metodología a otra, además esta brecha es más grande de una escenario a otro (Red Vial Nacional y Red Vial Cantonal) cuando la condición estructural se encuentra en una condición intermedia.



La metodología del PCI brindó bajo los parámetros de Red Vial Nacional las recomendaciones más severas con tasas de reconstrucción superiores al 93% en los diferentes Municipios, lo que deja en evidencia la necesidad de investigar sobre los requisitos necesarios en la Red Vial Cantonal.

La metodología de notas de calidad (FWD-IRI), permite caracterizar mejor la condición del pavimento ya que cada “nota de calidad” corresponde a una condición estructural y superficial característica. En términos generales las soluciones con este método bajo los parámetros de Red Vial Nacional son menos severas que las del PCI y permite un mayor abanico de intervenciones por recomendar a deflexiones bajas e intermedias.





## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial existen diferentes técnicas de evaluación de pavimentos que permiten conocer el estado de la superficie de ruedo y del paquete estructural de la carretera, esto se logra mediante el uso de diferentes metodologías y equipos especializados.

La idea de conocer el estado funcional de una carretera está muy relacionada con el confort percibido por los diferentes usuarios que transitan por una red vial, pero también está relacionada con los costos de operación, ya que vías con deficiente condición funcional, producen mayores costos económicos y sociales debido al deterioro de los vehículos, consumo de combustible y tiempos de viaje mayores, pero también acelera el proceso de deterioro estructural ya que vías irregulares aumentan las cargas dinámicas provenientes del golpeteo de las llantas sobre el pavimento.

La evaluación de la capacidad estructural de un pavimento puede realizarse mediante técnicas invasivas y no invasivas. Las técnicas invasivas consisten en la extracción de muestras, ya sean núcleos para realizar pruebas o la extracción de material para su caracterización; las técnicas no invasivas permiten estimar la capacidad estructural sin necesidad de intervenir una sección de carretera, mediante el uso de equipos simples o equipos de alta tecnología.

Para los diferentes entes encargados del mantenimiento, rehabilitación y construcción de carreteras es muy importante conocer el estado actual de la red vial, para poder tomar decisiones oportunas y con criterio técnico y optimizar el uso de los recursos públicos.

En nuestro país se ha utilizado la metodología VIZIR como una herramienta útil en la realización de inspecciones visuales, también se realizan diferentes ensayos de laboratorio para conocer las características de los diferentes materiales que forman parte de un pavimento así como evaluaciones de la condición funcional y estructural mediante el uso de equipos como Perfilómetro Inercial Laser y Deflectómetro de Impacto respectivamente, propiedad de LanammeUCR.



La información recolectada en diferentes estudios ha sido utilizada para proponer intervenciones requeridas a nivel estratégico y realizar con esto un plan de inversión a mediano plazo para las diferentes rutas evaluadas. Las metodologías de análisis que se han utilizado en nuestro país involucra el uso de evaluaciones mediante la metodología VIZIR, mediciones de IRI (índice internacional de rugosidad) y medición de deflexiones (FWD) en el pavimento.

Una de las principales limitantes es que muchos de estos métodos de análisis han sido calibrados para los estándares de calidad de la **Red Vial Nacional (RVN)**, donde los requisitos tanto estructurales como funcionales son muy altos, debido a la gran cantidad de vehículos que transitan por estas rutas y al peso de los diferentes vehículos de carga y difieren de los observados en la **Red Vial Cantonal (RVC)**.

### 1.1 Objetivo general

Realizar una comparación de los diferentes tipos de intervención obtenidos al aplicar las metodologías de análisis, notas de calidad (IRI), notas de calidad (VIZIR) e índice de condición del pavimento (PCI por sus siglas en inglés), utilizando criterios de evaluación acorde con la RVC y RVN.

### 1.2 Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico a nivel red para los municipios de Tilarán, Zarcero, Montes de Oro, utilizando las evaluaciones realizadas mediante la metodología VIZIR, mediciones de IRI y FWD, utilizando los criterios afines con la RVN y RVC.
2. Proponer los diferentes tipos de intervención utilizando los métodos: notas de calidad (FWD-IRI), notas de calidad (FWD-VIZIR) y PCI para los tres municipios incluidos en el análisis.
3. Realizar una comparación entre los diferentes tipos de intervención propuestos según la metodología utilizada.
4. Analizar los resultados obtenidos de la comparación y determinar las ventajas y desventajas de cada método.



### 1.3 Antecedentes

En los años 70's por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza aérea de los Estados Unidos de Norte América, se desarrollo una metodología de evaluación de pavimentos rígidos y flexibles mediante el parámetro "Pavement Condition Index" (PCI), en años posteriores este método fue ampliamente aceptado por diferentes agencias como la Federal Aviation Administration en 1982, US Army en 1982, American Public Work Association en 1984, el PCI también fue publicado por la ASTM como método de análisis de pavimentos para aeropuertos.

En los 80's con el patrocinio del Banco Mundial se publicó "*The International Road Roughness Experiment*", este experimento estableció correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad, esto porque en esa época no se contaba con un equipo único para medir esta variable, con este experimento se determinaron rangos de IRI (Índice de rugosidad internación), según la velocidad de operación y características superficiales típicas.

En el año 2005 el Departamento de Transporte de New Brunswick, publica una metodología de análisis que calcula el índice de condición del pavimento (PCI), mediante modelos matemáticos, que utilizan como parámetros de entrada las mediciones del IRI y deflectometría estos permite estimar la condición promedio del pavimento con base en parámetros estructurales y superficiales.

En el 2008 es publicado por LanammeUCR el proyecto "Desarrollo De Herramientas De Gestión Con Base En La Determinación De Índices Red Vial Nacional" en este proyecto se plantean limites de IRI acordes a los niveles de calidad requeridos para la Red Vial Nacional, también se determinan rangos de deflexiones permisibles, acordes con paquetes estructurales comunes en nuestro país, esto permitió realizar evaluaciones que estuvieran acordes con la realidad de los pavimentos en la Red Vial Nacional. De este mismo proyecto se deriva la propuesta de estrategias de intervención, a partir de las evaluaciones mediante la metodología VIZIR y los rangos de deflexiones propuestos, para fines prácticos en este documento se hace referencia como "notas de calidad (FWD-VIZIR)".



Entre los proyectos de graduación referentes a este tema se encuentra el realizado por López (2009), en este proyecto se detalla los resultados de utilizar la metodología del PCI como herramienta en un sistema de administración de pavimentos, para la evaluación de la red vial de Belén. En este proyecto se resalta la importancia de contar con la evaluación de la red vial para poder optimizar los recursos, aplicando las intervenciones más adecuadas en el momento adecuado.

En el 2010, en el informe “Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011”, realizado por LanammeUCR, se propone una modificación en la metodología para definir las estrategias de intervención. Esta modificación incluye el cambio de VIZIR por IRI como parámetro de entrada para definir los diferentes tipos intervención. Esta modificación permite evaluar una mayor distancia en un menor tiempo y disminuye la influencia de los errores humanos en la evaluación del VIZIR que se pueden dar durante el proceso de recolección de información, para fines prácticos en este documento se hace referencia como “notas de calidad (FWD-IRI)”.

#### **1.4 Justificación**

La Red Vial cantonal (RVC) no posee las mismas demandas que La Red Vial Nacional (RVN), esto hace necesario conocer como varían los resultados obtenidos al aplicar los criterios de evaluación de la RVN sobre la RVC. Además las diferencias más importantes que pueden darse al aplicar diferentes criterios de evaluación sobre una determinada red vial. De esta forma se podrán sentar las bases para procedimientos futuros en la evaluación de la RVC o para futuras investigaciones relacionadas con los criterios de evaluación sobre esta red vial.

#### **1.5 Alcance y limitaciones**

- Se realizó una comparación del estado de la red vial de tres Municipios (Tilarán, Montes de Oro, Zarcero), al momento de las evaluaciones.
- Solo se consideraron las rutas que contaban con todos las evaluaciones necesarias para el análisis.



- Las variables a utilizadas en la evaluación son, el índice de rugosidad internacional (IRI), deflectometría a cada 50m (FWD) y auscultación visual mediante la metodología VIZIR.
- Para las metodologías de notas de calidad utilizando los parámetros de IRI y FWD y para la metodología del PCI se plantearon dos escenarios uno adecuado para la Red Vial Nacional y otro para la Red Vial Cantonal, para el de notas de calidad utilizando VIZIR y FWD solo se utilizó un escenario, que es aplicable para la evaluación de la Red Vial Nacional.
- Las mediciones mediante la metodología VIZIR provienen de una fuente externa al LanammeUCR, ya que son recopiladas por los Municipios después de la debida capacitación.
- Las estrategias de intervención acá propuestas, están acorde a un análisis a nivel de red y no a nivel de proyecto.

## 2 METODOLOGÍA PROPUESTA

### 2.1 Marco teórico

Para poder evaluar los pavimentos de una forma eficiente y confiable se han generado una serie de metodologías que permiten analizar la condición de este, mediante la medición de varios parámetros, el avance en la tecnología ha permitido contar con equipos más precisos y capaces de realizar las mediciones necesarias en menos tiempo. Esto no quiere decir que deba dejarse de lado el trabajo de evaluar manualmente una red y es por eso que algunas de las metodologías actuales de evaluación de carreteras utilizan ambas variables.

Las metodologías que se han utilizado en el país para realizar la evaluación de la Red Vial Nacional incluyen como parámetros de entrada, la deflectometría, datos de IRI y evaluaciones mediante la metodología VIZIR. Una de ellas es la del PCI (*pavement condition index*), esta metodología plantea una correlación utilizando las variables de IRI y deflectometría (FWD) en un modelos matemático, para poder estimar el índice de condición del pavimento, esta metodología fue planteada por el Departamento de Transportes de New Brunswick en el año 2005.



Otra metodología es la que utiliza notas de calidad utilizando como parámetros de entrada las evaluaciones realizadas mediante la metodología VIZIR y las deflexiones promedio de un determinado tramo. Esta metodología es producto de la investigación titulada “Desarrollo de Herramientas de Gestión, con Base en la Determinación de Índices de Red Vial Nacional” en el año 2008, realizada por la Unidad de Investigación, LanammeUCR

La metodología utilizada actualmente para evaluar la condición de la Red Vial Nacional consiste en notas de calidad pero usando como variables de entrada la deflectometría promedio y el índice de rugosidad internacional, esta permite evaluar longitudes mayores en menos tiempo. El resumen de estas metodologías se describe en los capítulos siguientes.

### 2.1.1 Metodología PCI

El PCI presenta una metodología de evaluación aplicable a pavimentos flexibles y rígidos, esta evaluación se da mediante una escala numérica que toma valores de 0 a 100, donde 0 es un pavimento completamente fallado y 100 un pavimento en excelentes condiciones tanto funcionales como estructurales (ver Tabla 1). El PCI toma como datos de entrada el IRI, deflexiones en los geófonos D1 (0 mm), D3 (300 mm), D5 (600 mm) y D6 (900 mm), valores de Área (área del cuenco de deflexiones) y PRI (índice de rugosidad del pavimento), máximos y mínimos provenientes de datos históricos. El PCI se calcula según la siguiente expresión matemática.

$$(1) PCI = k_1 * PRI + k_2 * SAI$$

Donde los coeficientes  $k_1$  y  $k_2$  toman el valor de 0,5 lo que indica que tanto la condición estructural como funcional tienen el mismo peso dentro del modelo.

El cálculo del PRI, Área y SAI (adecuación de índice estructural) pueden calcularse con las siguientes ecuaciones.

$$(2) PRI = 100 \left( \frac{IRI_{max} - IRI_i}{IRI_{max} - IRI_{min}} \right)$$

$$(3) Area = 150 * \left( \frac{D_1 + 2 * D_3 + 2 * D_5 + D_6}{D_1} \right)$$

$$(4) SAI = 100 * \left( \frac{Area_i - Area_{min}}{Area_{max} - Area_{min}} \right)$$

Donde:

IRI<sub>max</sub>: IRI máximo según base de datos correspondiente

IRI<sub>min</sub>: IRI mínimo según base de datos correspondiente

IRI<sub>i</sub>: IRI promedio del tramo en estudio

Area<sub>max</sub>: Área del cuenco máxima según base de datos correspondiente

Area<sub>min</sub>: Área del cuenco mínimo según base de datos correspondiente

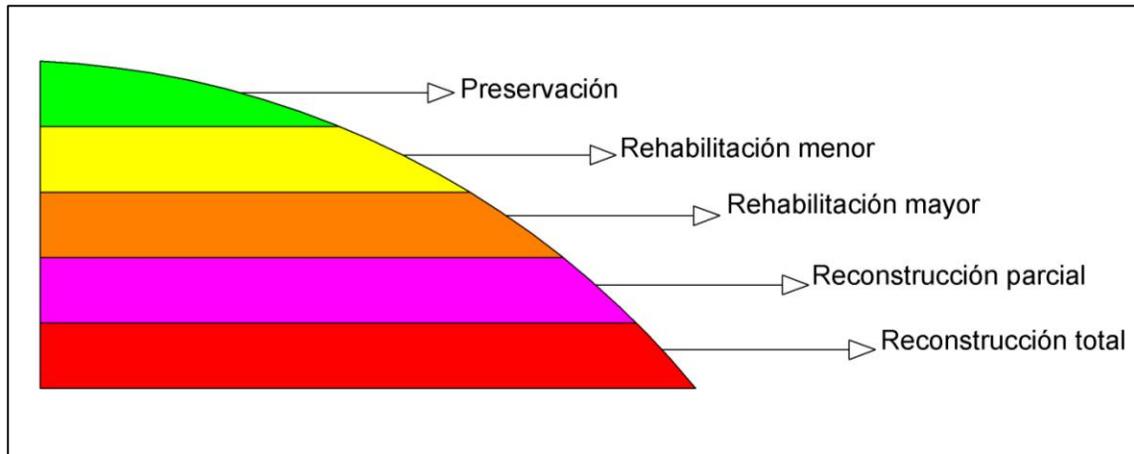
Área: Área del cuenco promedio del tramo en estudio

**Tabla 1.** Condición del pavimento según PCI.

Condición	PCI
Muy bueno	80 a 100
Bueno	60 a 79
Regular	40 a 59
Pobre	25 a 39
Fallado	0 a 24

Fuente. New Brunswick Department of Transportation, 2005.

Una vez calculado el PCI para cada tramo homogéneo, este es asociado una ventana de operación según se describe en el siguiente grafico.

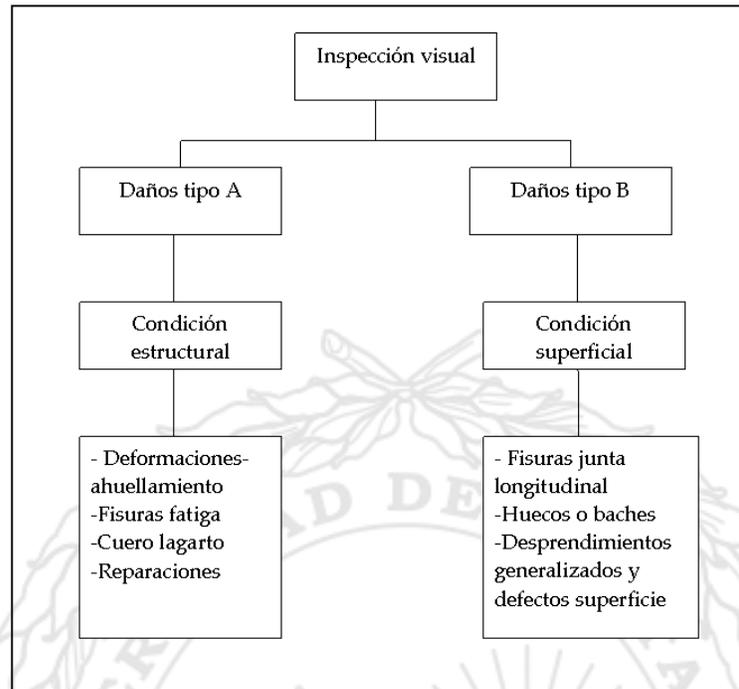


**Figura 1.** Ventanas de operación según condición de PCI.

Fuente. López, 2009.

### 2.1.2 Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)

Esta metodología utiliza la auscultación visual proveniente de la metodología VIZIR y datos de deflectometría promedio para cada tramo homogéneo. La metodología VIZIR consiste en una herramienta para realizar una evaluación visual de los daños, estos pueden catalogarse como daños estructurales y daños superficiales, también contempla la gravedad y dimensión del daño. El detalles de esta metodología puede ser consultada en el documento “VIZIR Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red carretera”, un esquema de este puede observarse en la siguiente figura.



**Figura 2.** Esquema de inspección visual en metodología VIZIR.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

Con base en las deflexiones promedio obtenidas para cada tramo y con el índice de daño promedio para cada tramo (al aplicar la metodología VIZIR), se puede realizar una clasificación de estos tramos y asignarles una respectiva “nota”, para poder describir de manera más simple el estado actual de la red vial y posibles ventanas de operación.

La metodología utilizada es la propuesta en el estudio “Desarrollo de herramientas de gestión, con base en la determinación de índices de red vial nacional” (UI-PI-04-08) desarrollado por la Unidad de Investigación del LanammeUCR durante el año 2008. En el mismo se pueden encontrar una serie de tablas que están en función, del tipo de base (granular o estabilizada) y TPD de la ruta analizada, donde se indican notas de calidad desde Q1 hasta Q9 y una clasificación especial con las notas QF-1, QF-2, QF-3, un ejemplo de este tipo de tabla es el siguiente.

**Tabla 2.** Notas de calidad (FWD-VIZIR)

TPD 0-5000				
Deflexión 10 <sup>-2</sup> mm	<76,5 Clase 1	76,5-88,5 Clase 2	88,5-115,7 Clase 3	>115,7 Clase 4
Índice de daño superficial Is				
1-2 Poca o ninguna fisura o deformación	Q1	Q3	Q6	QF-1
3-4 Fisuras sin o con deformación. Deformaciones sin fisuras	Q2	Q5	Q8	QF-2
5-6-7 Fisuras y deformación	Q4	Q7	Q9	QF-3

Fuente: LanammeUCR, 2008.

**2.1.2.1** Definición de las notas de calidad (FWD-VIZIR)

Q1, Q2, Q3: Los tramos con estas calificaciones poseen buenas características en términos generales, por lo que no se necesita una reparación importante, los trabajos en estas rutas deben estar enfocados al mantenimiento y preservación de las mismas, con el fin de impermeabilizar y mantener la condición superficial en buen estado.

Q4, Q5, Q6: Estos tramos se encuentran en una condición intermedia y es necesario verificar esta inconsistencia entre la capacidad estructural y la condición superficial producto del examen visual, para posteriormente reclasificar estas notas de calidad, según la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Recalificación para tramos en condición intermedia.

Nota de calidad original	Nota de calidad a recalificar
Q4	Q2, Q7
Q5	Q3, Q7
Q6	Q3, Q8

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Q7, Q8, Q9: Los tramos con estas calificaciones ameritan algún tipo de refuerzo estructural que estará en función de la vida remanente de las vías y el TPD.



QF-1: Estas rutas no presentan deterioros visibles importantes por lo que su condición superficial es buena, pero poseen deflexiones muy altas lo que indica una vida estructural remanente de 0, estas condiciones se asocian a trabajos recientes enfocados solo a mejorar su condición funcional, esta condición es poco duradera y requieren de una reconstrucción a mediano plazo.

QF-2: Estas rutas presentan deterioros visibles intermedios, con deflexiones muy altas que indican la pérdida total de vida estructural remanente. Estas condiciones se asocian a trabajos recientes enfocados solo a mejorar su condición funcional que ya presentan algún tipo de daño, estas rutas califican para una reconstrucción a corto plazo.

QF-3: Estas rutas poseen deterioros importantes a nivel funcional con deflexiones muy altas, indicando una vida remanente estructural de 0 y muchas dificultades para transitar en ellas, estas rutas califican para trabajos de reconstrucción inmediatos.

### 2.1.3 Metodología notas de calidad (FWD-IRI)

Esta metodología es similar a la presentada en el capítulo 2.1.2, pero presenta la diferencia que en lugar de utilizar las evaluaciones mediante la metodología VIZIR, utiliza las mediciones realizadas mediante el Perfilómetro Inercial Laser, propiedad de LanammeUCR, que es el equipo utilizado para medir el IRI.

Esta metodología propone una serie matrices que relaciona la deflectometría e IRI, con el estado general de pavimento, estas tablas están en función del TPD y para cada nota de calidad existe una condición general asociada, un ejemplo de esta matriz puede observarse en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Notas de calidad (FWD-IRI).

TPD 0-5000					
IRI m/km	Deflexión 10 <sup>-2</sup> mm	<76,5	76,5-88,5	88,5-115,7	>115,7
	(Bueno)		Q1	Q3	Q6
(Regular)		Q2	Q5	Q8	R-2
(Malo)		Q4	Q7	Q9	R-3
(Muy malo)		M-RF	RH-RF	R-3	NP

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.1.3.1 Definición de las notas de calidad (FWD-IRI)

Q1: Los tramos con esta calificación se encuentran con una muy buena condición estructural y funcional, características de pavimentos con una temprana vida útil, con bajos costos de operación y alto nivel de servicio. Estos pavimentos a pesar de estar en una buena condición deben ser evaluados para detectar deterioros menores y daños que no pueden detectarse con el Perfilómetro Inercial Laser y el Deflectómetro de Impacto, como exudaciones y desprendimientos, estos pavimentos son candidatos a labores de mantenimiento de preservación de bajo costo.

Q2: Estos pavimentos también presentan una muy buena condición estructural pero su nivel de servicio ha disminuido y pueden catalogarse en una condición regular. Las irregularidades que se pueden encontrar van desde ahuellamientos, grietas de severidad baja hasta baches reparados. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipos mantenimiento de preservación de bajo de costo, enfocados a recuperar la condición funcional.

Q3: Esto pavimentos presentan una condición funcional entre buena y muy buena pero existe pérdida en su condición estructural, con una vida remanente entre 20% al 60%. Existen deterioros que afectan el nivel de servicio como desprendimientos y exudaciones en el 50% o más de la superficie, estos pavimentos son candidatos a labores de mantenimiento de preservación de bajo costo enfocados a mantener la condición estructural.

Q4: Estos pavimentos han sufrido pérdida de la capacidad funcional a tal punto que esta puede influir negativamente en la velocidad de operación, incluso en condiciones de flujo



libre, a pesar de esto su condición estructural sigue siendo buena pero el deterioro funcional influye en la durabilidad del pavimento, provocando un deterioro acelerado de la condición estructural, debido a este los pavimentos con estas calificaciones pasaran a las categorías Q7 o M-RF a mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a labores de mantenimiento de mediano costo enfocadas a recuperar la capacidad funcional en el corto plazo.

M-RF: Estos pavimentos se encuentran muy deteriorados, la velocidad de operación y el nivel de confort es muy reducido. Se encuentran, baches, desprendimientos y grietas profundas y este deterioro puede alcanzar el 75% de la superficie. Este nivel de deterioro compromete la integridad de las capas estructurales, provocando que estos pavimentos pasen a la categoría RH-RF en el corto plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones del tipo mantenimiento de alto costo.

Q5: Estos pavimentos se encuentran en una condición funcional y estructural intermedia, por lo que es necesario realizar un análisis más detallado a nivel de proyecto.

Q7: Estos pavimentos presentan una condición superficial similar a los de la categoría Q4, pero presentan un deterioro mayor en su condición estructural, por lo que deterioros como ahuellamientos, grietas transversales y longitudinales son más frecuentes. Estos pavimentos se deterioran de forma más acelerada pasando a categorías Q9 o RH-RF rápidamente. Estos pavimento son candidatos a trabajos de tipo rehabilitación menor, enfocados a restaurar su capacidad funcional a mediano plazo, para evitar mayores daños estructurales.

RH-RF: Estos pavimentos presentan una condición de rueda similar a los de la categoría M-RH, pero una condición estructural más deficiente, cerca del 20% de la vida remanente, por lo que los deterioros superficiales mencionados en otras categorías son mayores en cantidad y extensión. En este punto la velocidad de deterioro es más elevada y los tramos en esta categoría pasan rápidamente a la categoría R3 en un corto plazo. Estos pavimentos son candidatos a labores de rehabilitación menor enfocadas a mejorar la condición funcional y estructural en el corto plazo para retrasar el deterioro del pavimento.

Q6, Q8, Q9: Estos pavimentos poseen una condición estructural muy deficiente, inferior al 20% de vida remanente. En el caso de los calificados con Q6, se debe a sobrecapas que han



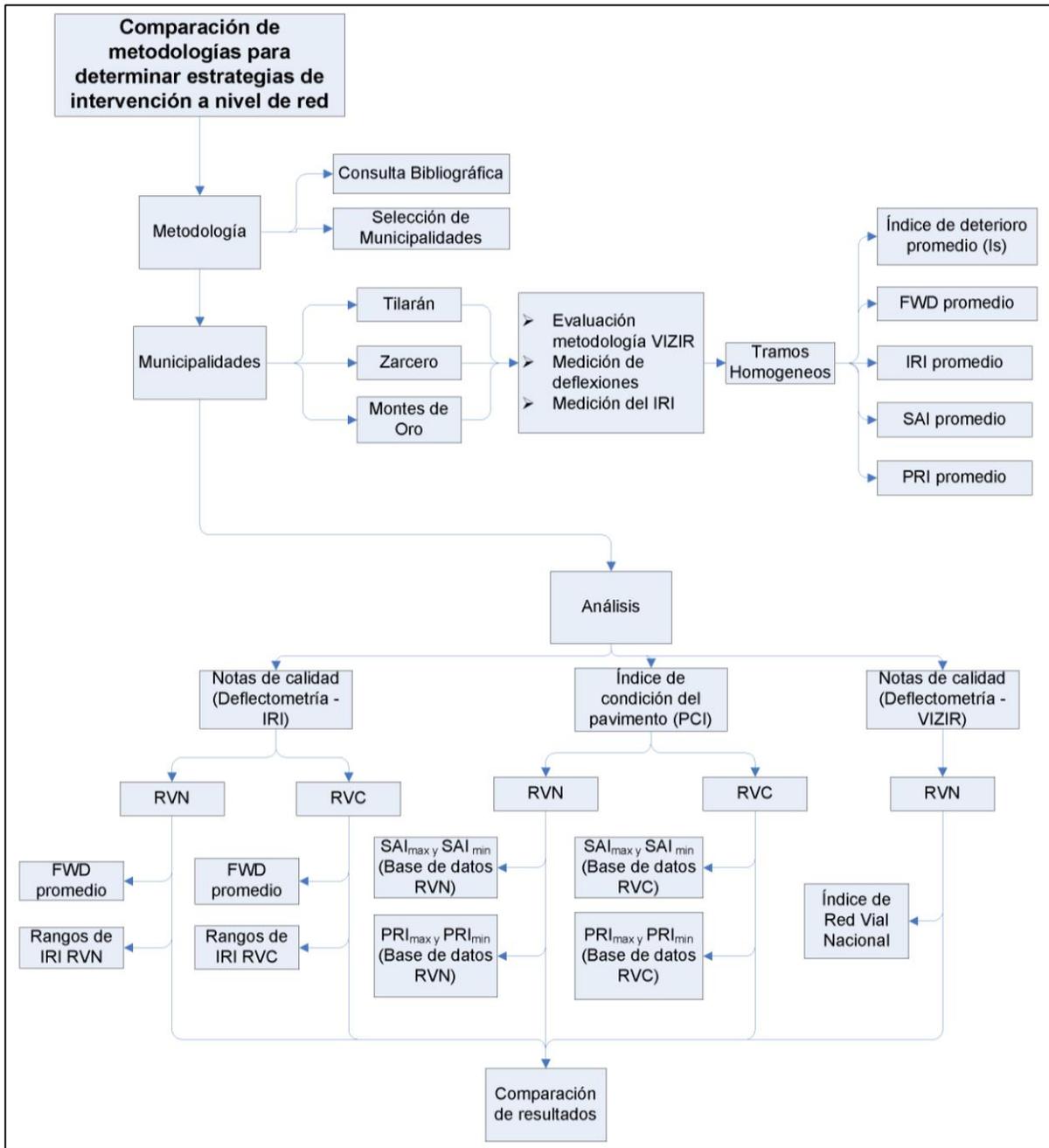
mejorado la condición funcional, pero el deterioro estructural existe provoca que estos trabajos sean poco duraderos y los pavimentos pasen rápidamente a notas Q8, Q9 o a notas R-1 donde la condición estructural es más deficiente, vida remanente cercana al 0%. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo, rehabilitación mayor que deben realizarse en el corto plazo.

R-1, R-2: Los pavimentos incluidos dentro de esta categoría presentan una pésima condición estructural, con una vida remanente cercana al 0%, pero poseen una buena condición superficial producto de sobrecapas o trabajos recientes que no han contribuido en la parte estructural. Los trabajos realizados son de muy poca durabilidad debido a las altas deformaciones en el pavimento, provocando que rápidamente pasen a categorías como R-3 o NP. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipos rehabilitación mayor que deben atenderse de forma inmediata.

R-3, NP: Estos pavimento se encuentran en extremo deterioro y no poseen condiciones aceptables para una vía pavimentada. Dado el nivel de deterioro superficial y estructural, las vías en esta condición presentan muchos problemas de seguridad y significan un riesgo para los conductores. Dadas estas condiciones la única intervención posible es la reconstrucción total del pavimento.

## **2.2 Metodología para la identificación y recolección de información**

Se realizó un estudio bibliográfico sobre temas Relacionados, consultando publicaciones emitidas en nuestro país sobre la evaluación de la Red Vial Nacional (LM-PI-UE-05-2011), evaluación de la RVC (López, 2009) y publicaciones internacionales (instituto mexicano del transporte y TRB), relacionadas con este tema.



**Figura 3.** Metodología utilizada en el estudio.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.2.1 Selección de Municipios

Las municipalidades seleccionadas para realizar el estudio fueron, la Municipalidad de Tilarán (7,4 km), Montes de Oro (16 km) y Zarcero (18,9 km), ya que se contaba con las evaluaciones necesarias para realizar el estudio, como los son: mediciones de TPD, IRI, FWD y auscultación visual mediante la metodología VIZIR. Cada Red Vial Cantonal (RVC) se subdividió en tramos homogéneos con el fin de determinar secciones de carretera que poseen características similares a nivel estructural y se les realizó el análisis descrito en la siguiente sección.

### 2.2.2 Escenarios planteados

#### 2.2.2.1 Notas de calidad (FWD-IRI)

Es este caso fue necesario proponer rangos de IRI cercanos a la realidad de la Red Vial Cantonal (RVC) según literatura internacional y velocidades de operación, ya que actualmente en nuestro país solo se cuenta con estudios formales enfocados hacia la Red Vial Nacional (RVN).

Definidos los rangos de IRI para la RVC se realizó el análisis de los diferentes tipos de intervención a partir de la clasificación de cada RVC según los criterios existentes para la RVN y los criterios seleccionados para la RVC.

Los rangos de IRI utilizados para el análisis se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Rangos de IRI utilizados.

Rangos RVC		Rangos RVN	
Rango	Condición	Rango	Condición
< 3,6 m/km	Bueno	< 1,9 m/km	Bueno
3,6-6,4 m/km	Regular	1,9-3,6 m/km	Regular
6,4-10 m/km	Malo	3,6-6,4 m/km	Malo
> 10 m/km	Muy malo	> 6,4 m/km	Muy malo

Fuente: LanammeUCR, 2012.



### 2.2.2.2 Notas calidad (FWD-VIZIR)

Se aplicó la metodología de análisis planteada en el proyecto de investigación “Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices red vial nacional” (UI-04-08), realizado por la Unidad de Investigación del LanammeUCR.

### 2.2.2.3 PCI

Para esta metodología de análisis se plantearon dos escenarios, para esto se utilizaron los valores de  $Area_{max}$ ,  $Area_{min}$ ,  $IRI_{max}$ , y  $IRI_{min}$ , provenientes de bases de datos diferentes, una contempla mediciones realizadas sobre la RVN y otra con mediciones sobre la RVC, para simular dos condiciones diferentes, RVC y RVN.

Los valores de área máxima y área mínima utilizados en el escenario de Red Vial Cantonal son 616,58 mm y 322,48 mm respectivamente. Para el escenario de Red Vial Nacional los valores de área máxima y área mínima fueron 682.07 mm y 279.08 mm respectivamente.

En el caso del IRI, los valores máximos y mínimos para el escenario de Red Vial Cantonal fueron 18,2 m/km y 2,1 m/km respectivamente, y en el de Red Vial Nacional fueron de 6,3 m/km y 0,7 m/km.

## 2.3 **Análisis de resultados, hallazgos y observaciones**

### 2.3.1 *Municipalidad de Tilarán*

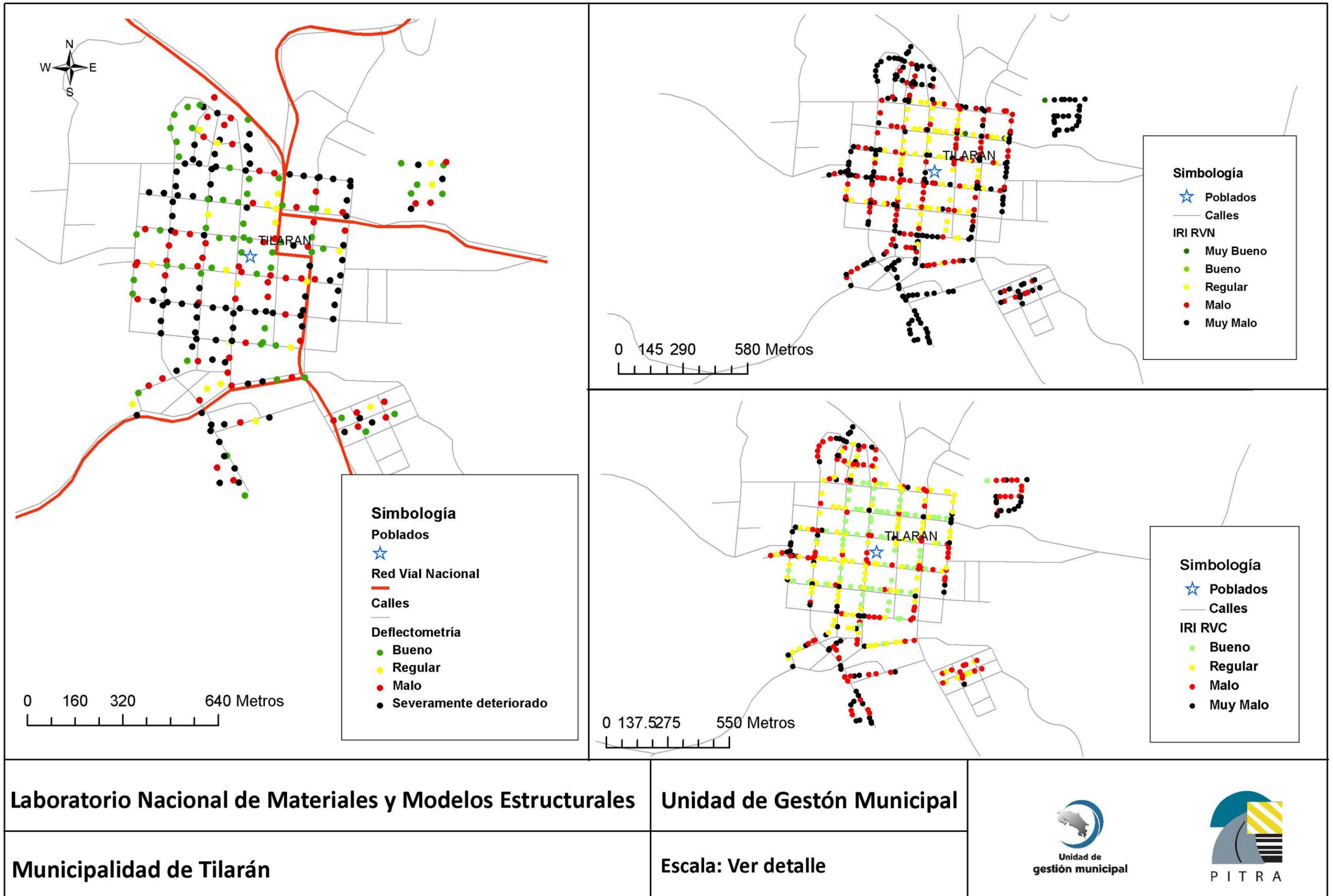
Las mediciones realizadas en este municipio mediante el Deflectómetro de Impacto y el Perfilómetro Inercial Laser se realizaron en el 2009 y abarcan una longitud aproximada de 17 km, en este análisis solo incluyen 7 km, ya que sólo esta longitud poseía evaluaciones mediante la metodología VIZIR y para poder realizar esta comparación es necesario contar con la misma longitud evaluada mediante los diferentes parámetros, por lo que la información se filtró con los tramos que poseían todas las mediciones necesarias (IRI, FWD, VIZIR). Es importante mencionar que las mediciones con el Perfilómetro inercial laser son continuas a lo largo de toda la ruta por analizar pero el dato es reportado cada 25m al final de cada sección. Por otro lado las mediciones con el Deflectómetro de impacto se realizaron de forma puntal cada 50 m aproximadamente a lo largo de las rutas analizadas.



En la Figura 4 puede observarse un mapa que posee las deflexiones registradas en los cuadrantes centrales de Tilarán, además se muestra en una escala de colores para que la información se aprecie más fácilmente, también se muestra la información referente al IRI, la escala de colores muestra tanto la clasificación bajo los parámetros de Red Vial Nacional como los valores propuestos para Red Vial Cantonal.

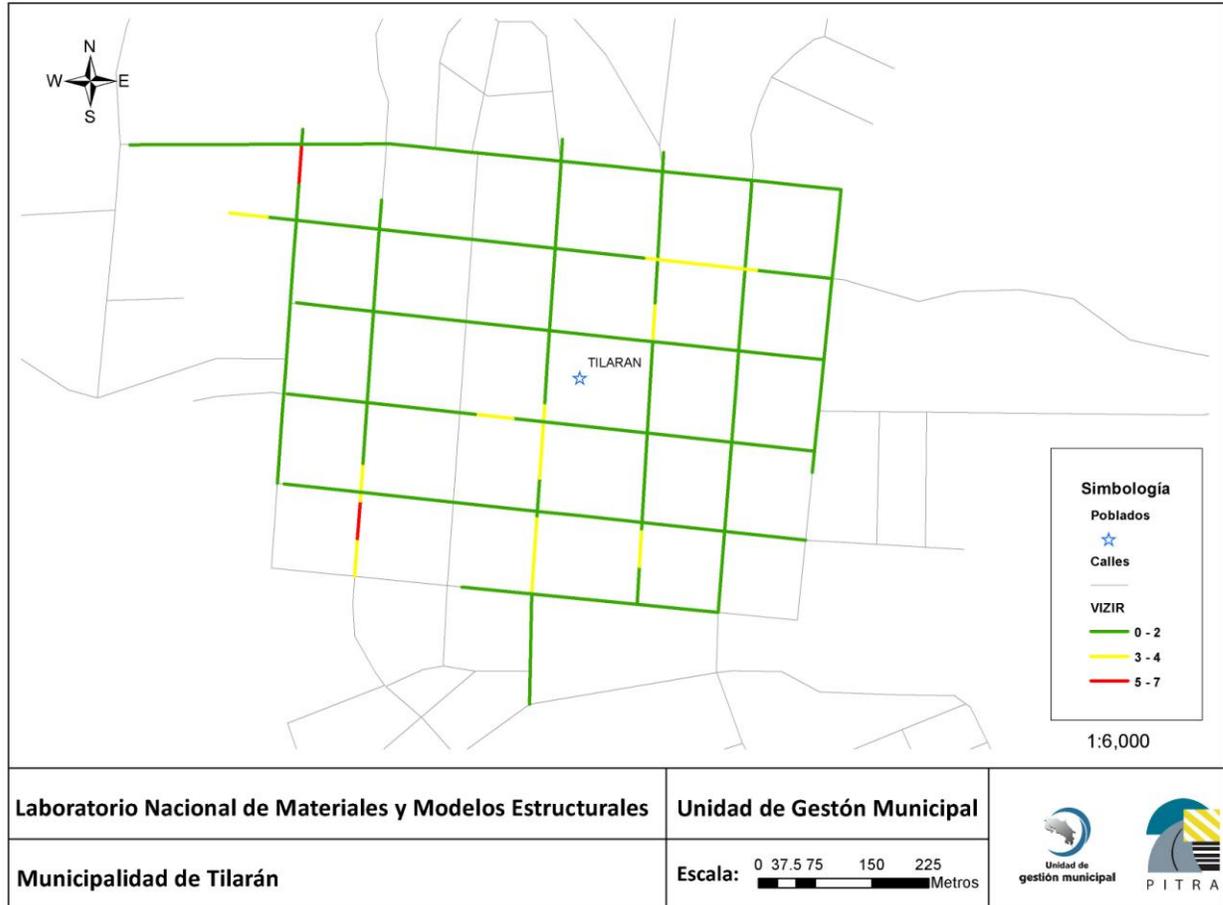
En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación mediante la metodología VIZIR para los cuadrantes centrales de Tilarán, esta información fue recopilada por los miembros de la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Tilarán.





**Figura 4.** Condición según las mediciones del IRI y deflectometría para la Municipalidad de Tilarán

Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 5.** Condición de las vías evaluadas según la metodología VIZIR para la Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Con los diferentes parámetros de análisis utilizados se procede a mostrar los resultados obtenidos según los escenarios mencionados en el capítulo 2.2.2 y las metodologías explicadas en los capítulos 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3.

2.3.1.1 Metodología PCI

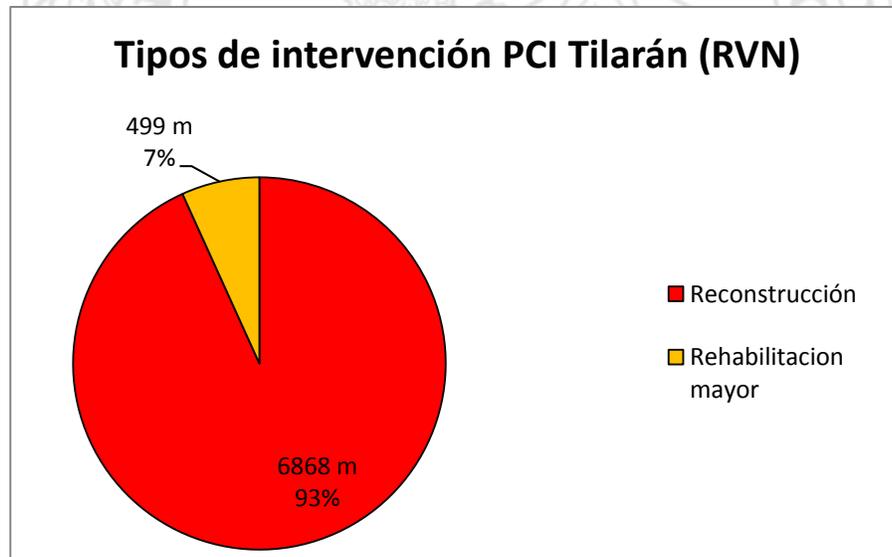
Parámetros de Red Vial Nacional

**Tabla 6.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, RVN, Tilarán.

Rango de PCI	Longitud
80-100	0 m
60-80	0 m
40-60	499 m
0-40	6868 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al aplicar la metodología del PCI con los parámetros establecidos para la Red Vial Nacional se obtiene que un 93% (ver Figura 6) de las rutas analizadas necesitan algún tipo de reconstrucción ya que 6,9 km poseen un PCI inferior a 40, según esta clasificación estas rutas se encuentran en un estado de extremo deterioro donde su capacidad estructural es muy baja, este tipo de intervenciones son las de mayor costo ya que implica remover material existente y sustituir una o más capas, el detalle del procedimiento a realizar debe determinarse a nivel de proyecto.



**Figura 6.** Tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVN, Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

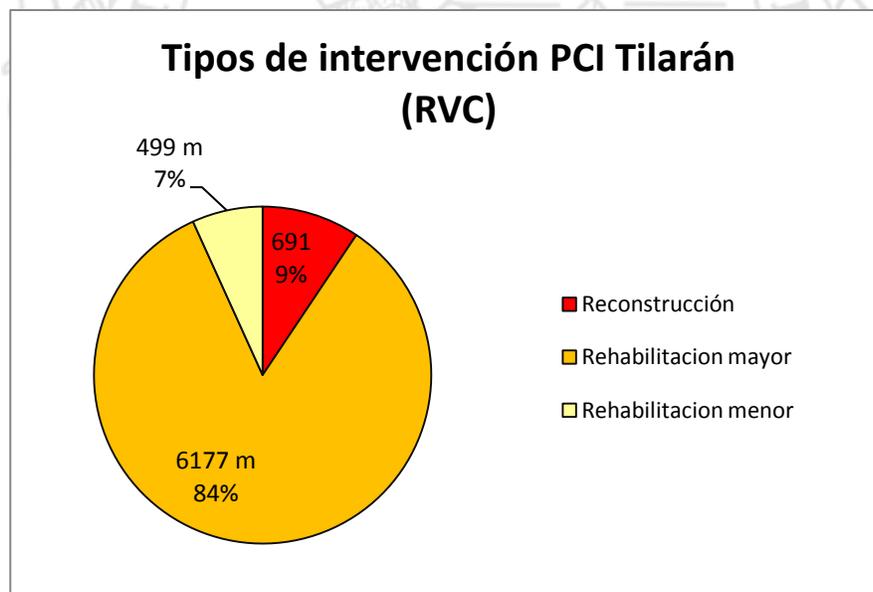
Parámetros de Red Vial Cantonal

**Tabla 7.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, parámetros de RVC, Tilarán.

Rango de PCI	Longitud
80-100	0 m
60-80	499 m
40-60	6177 m
0-40	691 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al aplicar esta misma metodología pero modificando los valores máximos y mínimos del Área del cuenco y del IRI se obtiene que un 84% de los tramos analizados posee un PCI entre 40-60, esto implica que 6,1 km de la red analizada necesita una rehabilitación mayor, esta implica trabajos enfocados a recuperar la capacidad estructural del pavimento, de igual forma el detalle de este tipo de intervenciones debe analizarse a nivel de proyecto.



**Figura 7.** Tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVC, Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

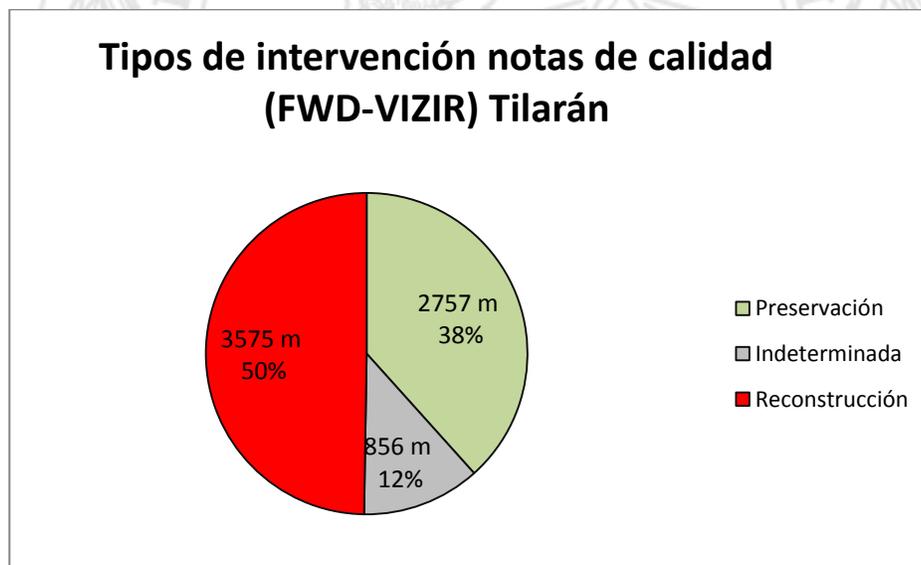
2.3.1.2 Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)

**Tabla 8.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-VIZIR), Tilarán.

Notas de Calidad	Longitud
Q1	738 m
Q3	2019 m
Q6	856 m
QF-1	3576 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Para esta metodología solo se planteo un escenario (RVN), la cual recomienda que un 50% (3,6 km) de los tramos analizados deben reconstruirse, a un 38% (2,80 km) de los tramos se les debe realizar algún trabajo de mantenimiento para conservar la condición actual y un 12% posee un condición intermedia, asociada a la nota de calidad Q6, para poder emitir un mejor criterio es necesario realizar una inspección más detallada que permita recalificar estos tramos en notas como Q3 o Q8, esto dependerá de la inspección visual del pavimento y la edad del mismo.



**Figura 8.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR), Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.3.1.3 Metodología notas de calidad (FWD-IRI)

#### Parámetros de Red Vial Nacional (RVN)

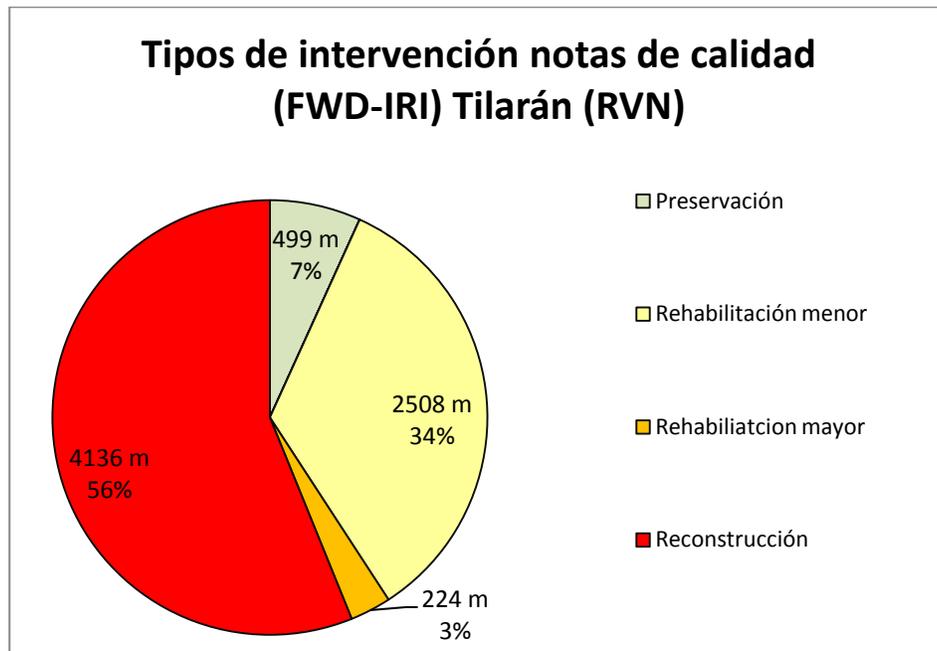
**Tabla 9.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), Red vial Nacional, Tilarán.

Nota de calidad	Longitud
Q2	499 m
Q4	251 m
M-RF	239 m
Q7	2019 m
Q9	224 m
R-3	2262 m
NP	1873 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al caracterizar cada tramo homogéneo con el IRI promedio y deflectometría promedio es posible utilizar matrices similares a las de la Tabla 4 y clasificar cada tramo según su condición funcional y estructural. En la Figura 9 se muestran los resultados de aplicar esta metodología a Red Vial Cantonal de Tilarán con los parámetros de evaluación para la Red Vial Nacional.

Se logra apreciar que un 56% (4 km) de la distancia evaluada necesita trabajos de reconstrucción en una a más capas, lo que implica que más de la mitad se encuentra en una condición de extremo deterioro, por otro lado un 34% (2,5 km) necesita labores asociadas a una rehabilitación menor y un 3%, lo que equivale a un tramo de 0,2 km necesita una rehabilitación mayor, mientras que a un 7% (0,5 km) de la longitud evaluada es apta para que se le realicen trabajos de mantenimiento y preservación, enfocados en mejorar su condición funcional y mantener su condición estructural.



**Figura 9.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVN, Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

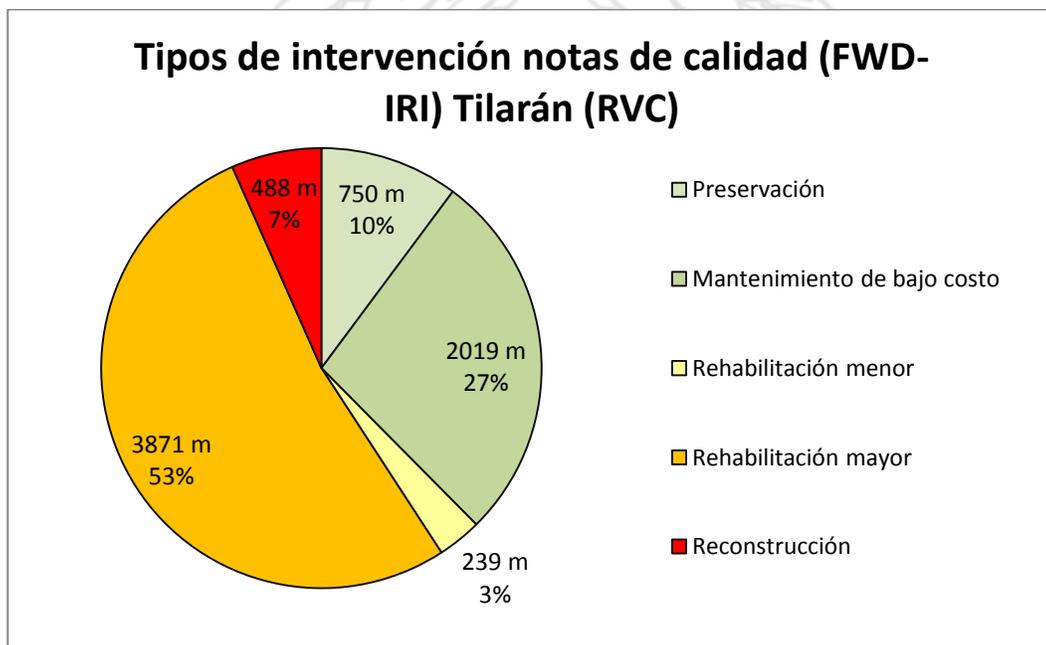
Parámetros de Red Vial Cantonal

**Tabla 10.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVC, Tilarán.

Nota de calidad	Longitud
Q1	750 m
Q3	2019 m
Q4	239 m
Q6	598 m
Q8	257 m
R-1	3016 m
R-2	488 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Los resultados de utilizar los parámetros de IRI propuestos en el escenario para Red Vial Cantonal se pueden observar en Figura 10, un 7% (0,5 km) de la longitud evaluada se encuentra en condiciones para trabajos de reconstrucción en una o más capas, mientras que en un 53% de la longitud evaluada (3,8 km) se deben realizar labores de rehabilitación mayor, por otro lado un 3% (0,2 km) presenta condiciones para realizar una rehabilitación menor y un 37% (2,8 km) se encuentra en una buena condición por lo que es necesario realizar labores de mantenimiento y preservación



**Figura 10.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVC, Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.3.2 Municipalidad de Zarcero

Para este Municipio la medición de deflexiones y del IRI abarcan un total de 18,9 km, mientras que el VIZIR abarca un total de 47 km, por lo que fue necesario filtrar la información



para trabajar con los mismos tramos en las tres metodologías. Las evaluaciones del IRI se realizaron a finales del 2010 y las de deflectometría a inicios del 2011.

En la Figura 11 puede observarse las deflexiones medidas en los cuadrantes centrales de Zarcero, la información contenida en este mapa abarca una distancia aproximada de 7 km, además puede observarse en la parte izquierda las mediciones de IRI en la misma zona, bajo los dos parámetros de análisis, RVC y RVN.

En la figura 12 puede observarse la evaluación que se realizó mediante la metodología VIZIR, como se mencionó anteriormente estas evaluaciones abarcan cerca de 47 Km, en esta figura puede observarse la zona que contiene los cuadrantes centrales y algunas rutas contiguas.



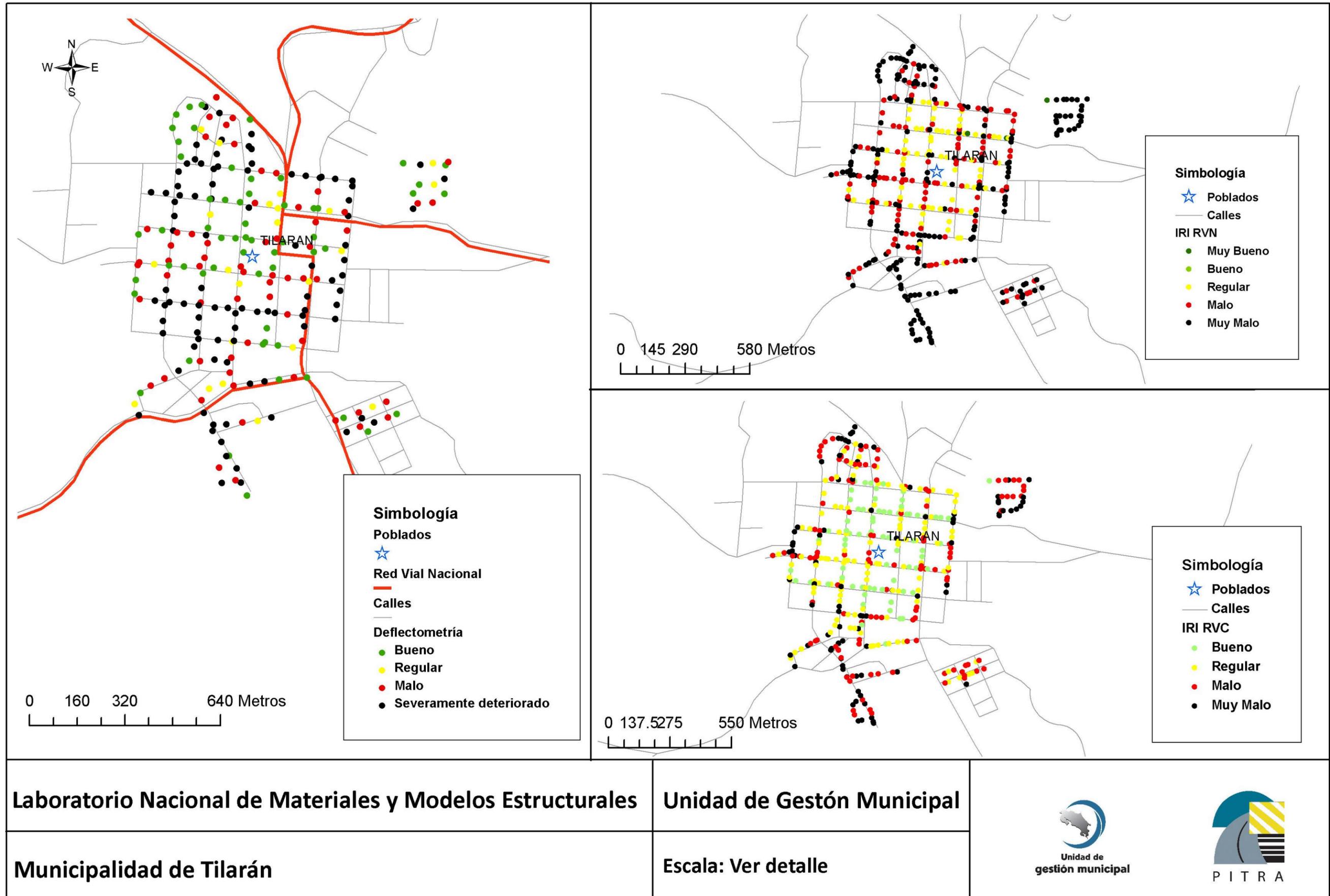
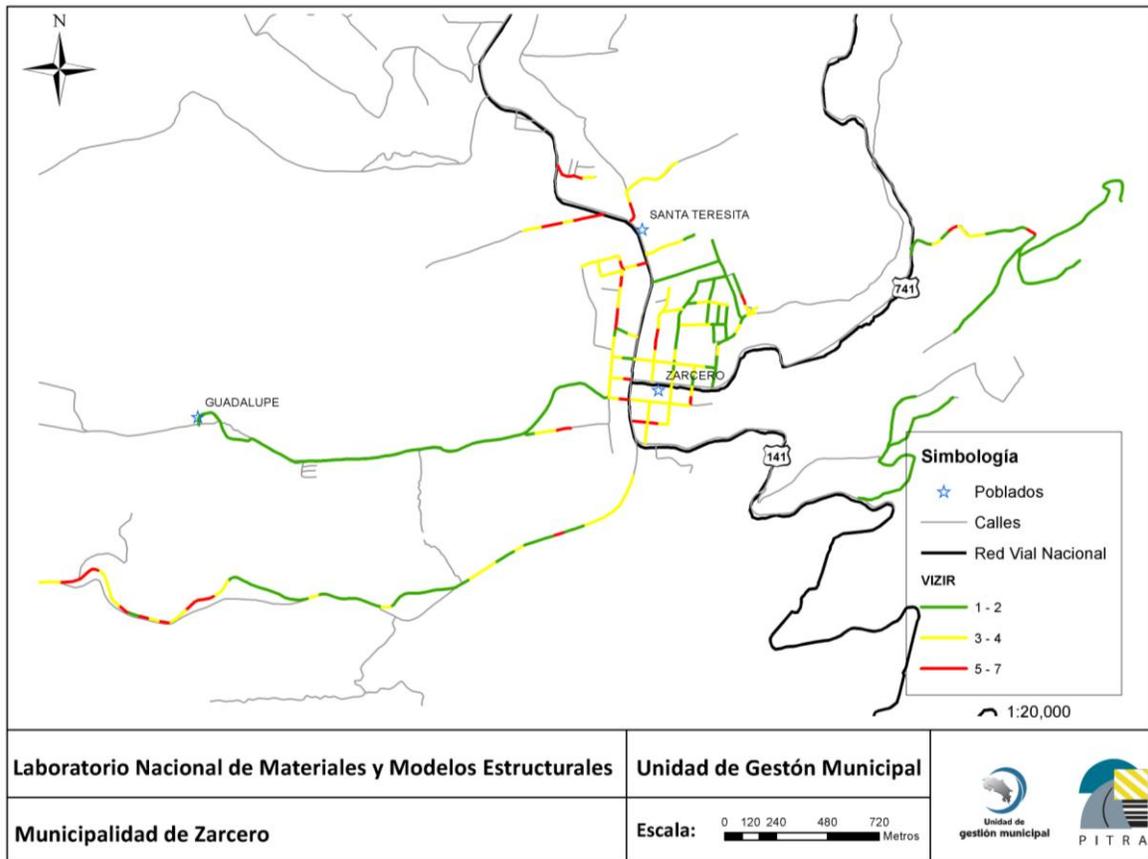


Figura 11. Condición según las mediciones del IRI y deflectometría para la Municipalidad de Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Unidad de Gestión Municipal		
Municipalidad de Zarcero	Escala: 0 120 240 480 720 Metros		

**Figura 12.** Condición de las vías evaluadas según la metodología VIZIR para la Municipalidad de Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.3.2.1 Metodología PCI

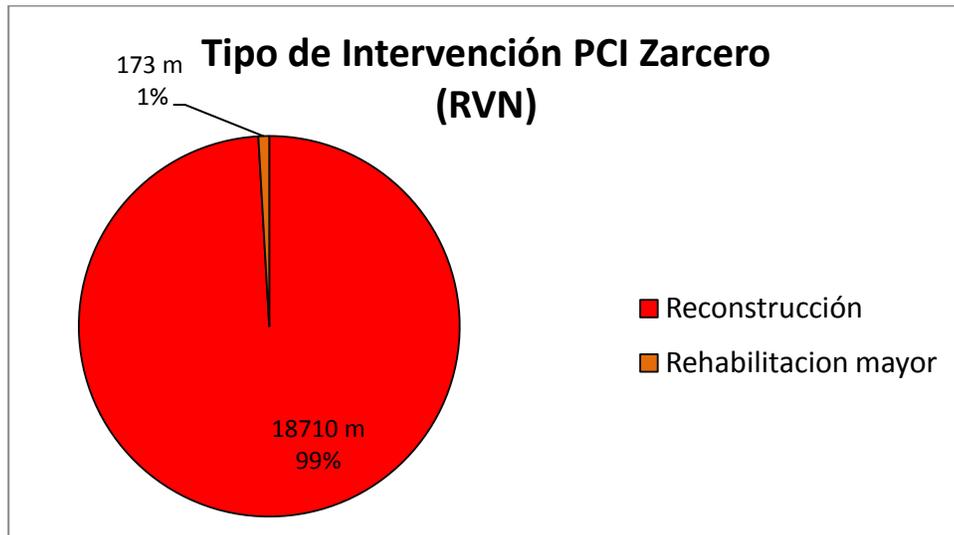
#### Parámetros Red Vial Nacional (RVN)

**Tabla 11.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, parámetros de RVN, Zarcero.

Rango de PCI	Longitud
80-100	0 m
60-80	0 m
40-60	173 m
0-40	18710 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Aplicando la metodología del PCI bajo los parámetros de RVN se determinó que a nivel de red un 99% (18,7 km) de los caminos evaluados necesitan algún tipo de reconstrucción, esto implica la intervención en una a más capas del pavimento. Por otro lado solo un 1% (173 m), que corresponde a un tramo corto necesita una rehabilitación mayor.



**Figura 13.** Distribución de los tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVN, Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

#### Parámetros de Red Vial Cantonal

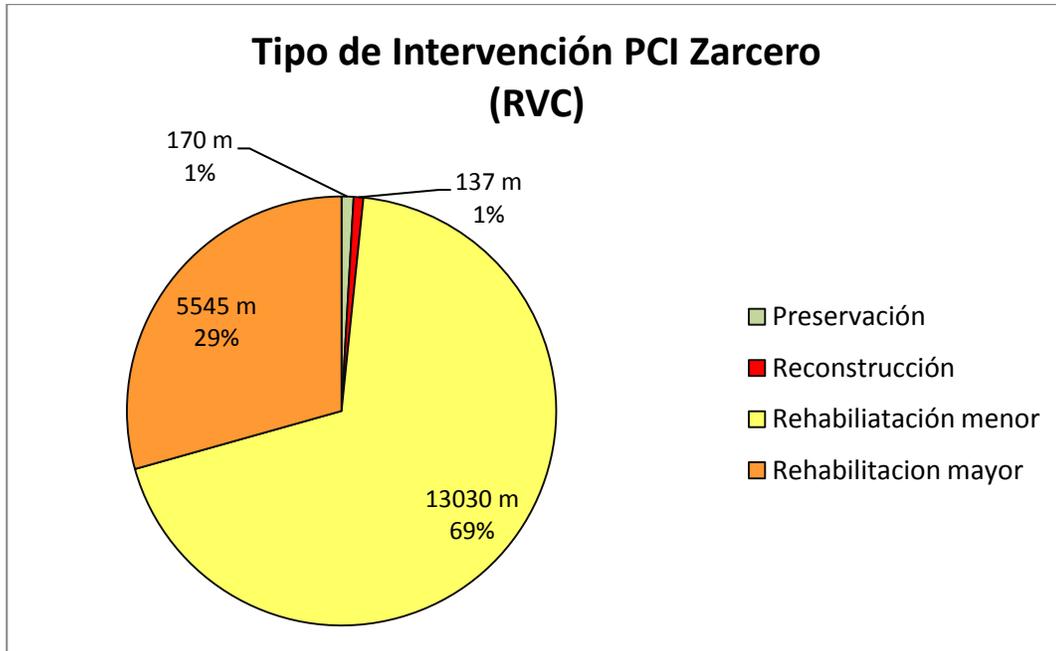
**Tabla 12.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, RVC, Zarcero.

Rango de PCI	Longitud
80-100	171 m
60-80	5545 m
40-60	13030 m
0-40	137 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al aplicar esta misma metodología bajo los parámetros de RVC se determina que solo un 1% (137 m) necesita reconstrucción en una o más capas, mientras que un 29% (5,5 km) son aptos para una rehabilitación mayor, por otro lado un 69%, que corresponde a una distancia aproximada de 13 km, se encuentran en condiciones adecuadas para trabajos asociados a

una rehabilitación menor y un tramo de 170 m posee características adecuadas para labores de preservación.



**Figura 14.** Distribución de los tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVC, Zarcero.

### 2.3.2.2 Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)

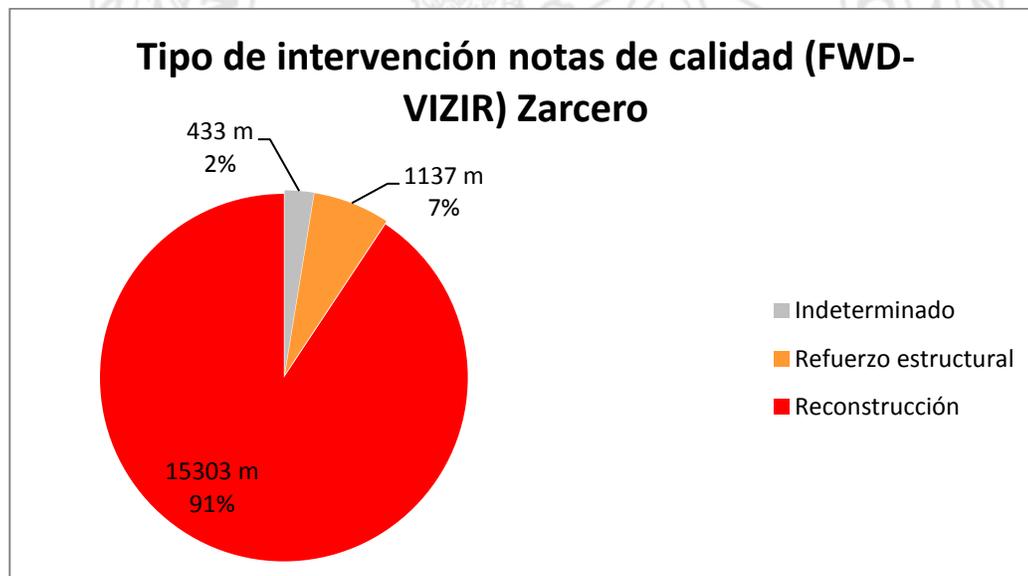
Para esta metodología solo se plantea un escenario y este será comparado con los anteriores, aunque cabe destacar que esta metodología fue propuesta para la evaluación de la Red Vial Nacional. La distribución de las diferentes notas de calidad se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-VIZIR), Zarcero.

Nota de calidad	Longitud
Q5	215.31
Q6	217.42
Q7	96.77
Q8	611.64
Q9	428.82
QF-1	4939.49
QF-2	8782.79
QF-3	1580.47

Fuente: LanammeUCR, 2012.

El resultado de los diferentes tipos de intervención se puede observar en la siguiente figura, donde un 91% (15,5 km) de las rutas evaluadas poseen un alto nivel de deterioro y es necesario realizar reconstrucción de una o más capas, por otro lado un 7% (1 km) necesita algún tipo de refuerzo estructural y un 2% (0,4 km) se encuentran en una condición intermedia y es necesario realizar una evaluación más detallada.



**Figura 15.** Distribución de los tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR), Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

2.3.2.3 Metodología notas de calidad (FWD-IRI)

Parámetros Red Vial Nacional (RVN)

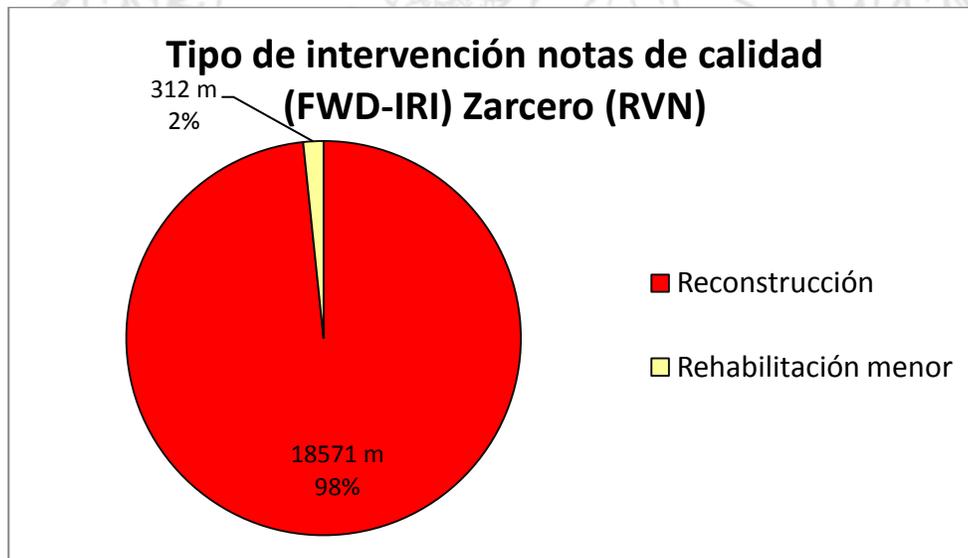
En la siguiente tabla puede observarse la distribución de las diferentes notas de calidad obtenidas según la metodología de notas de calidad (FWD-IRI) al aplicar los parámetros de la RVN.

**Tabla 14.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVN, Zarcero.

Nota de calidad	Longitud
Q7	312.08
R-3	5120.01
NP	13451.09

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al aplicar esta metodología se obtiene que un 98% (18,6 km) de las rutas evaluadas son candidatas a reconstrucción en una o más capas por otro lado se tiene que un 2% (312 m) son candidatos a trabajos de tipo rehabilitación menor.



**Figura 16.** Tipos de intervención según metodología de notas calidad (FWD-IRI), parámetros de RVN, Municipalidad de Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

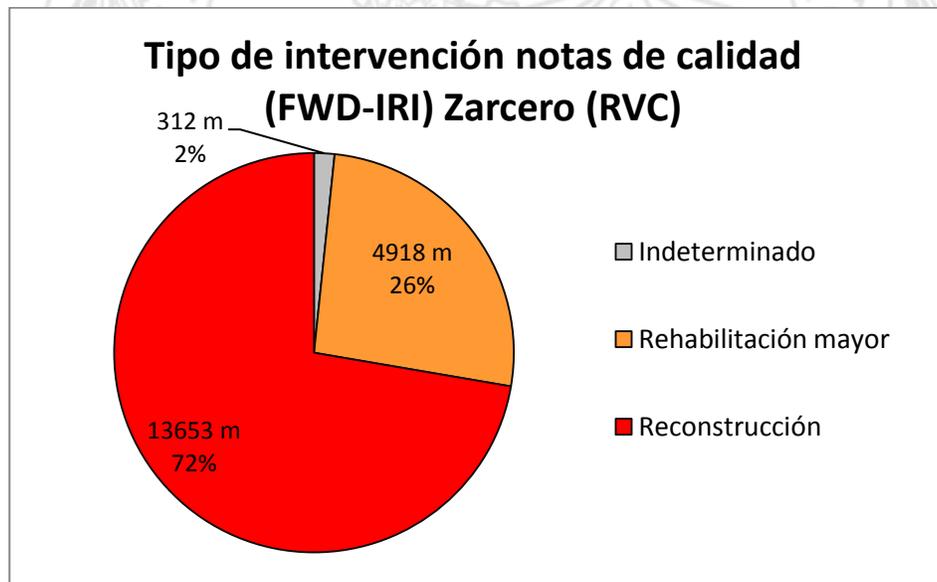
Parámetros Red Vial Municipal

**Tabla 15.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVC, Zarcero.

Nota de calidad	Longitud
Q5	312 m
Q9	1258 m
R-2	3660 m
R-3	11405 m
NP	2248 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al variar los parámetros de análisis en la metodología de notas de calidad (FWD-IRI), se obtiene que un 72% (13,6 km) se encuentran en una condición de deterioro importante donde la acción recomendada es reconstruir una o más capas, por otro lado a un 26% (4,9 km) de las rutas evaluadas se le debe realizar una rehabilitación mayor y 312 metros se encuentran en una condición intermedia, identificada con la nota Q5.



**Figura 17.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVC, Municipalidad de Zarcero.

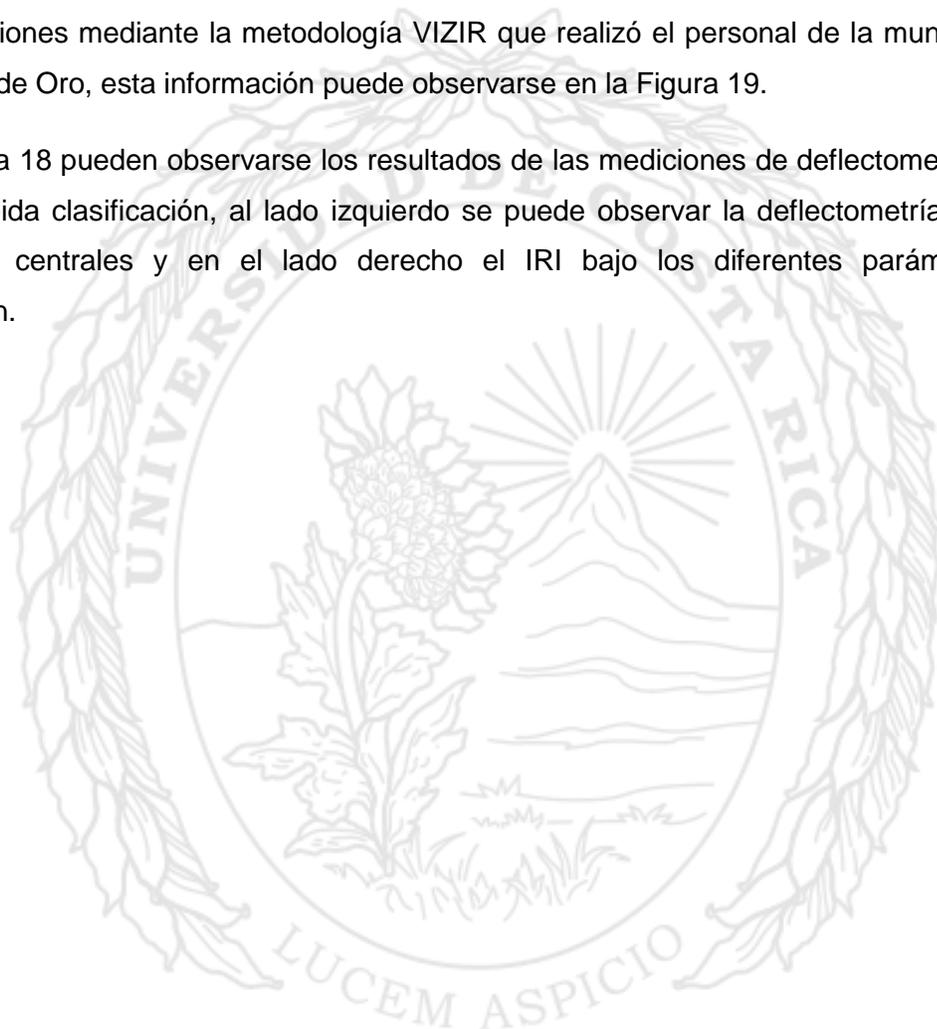
Fuente: LanammeUCR, 2012.

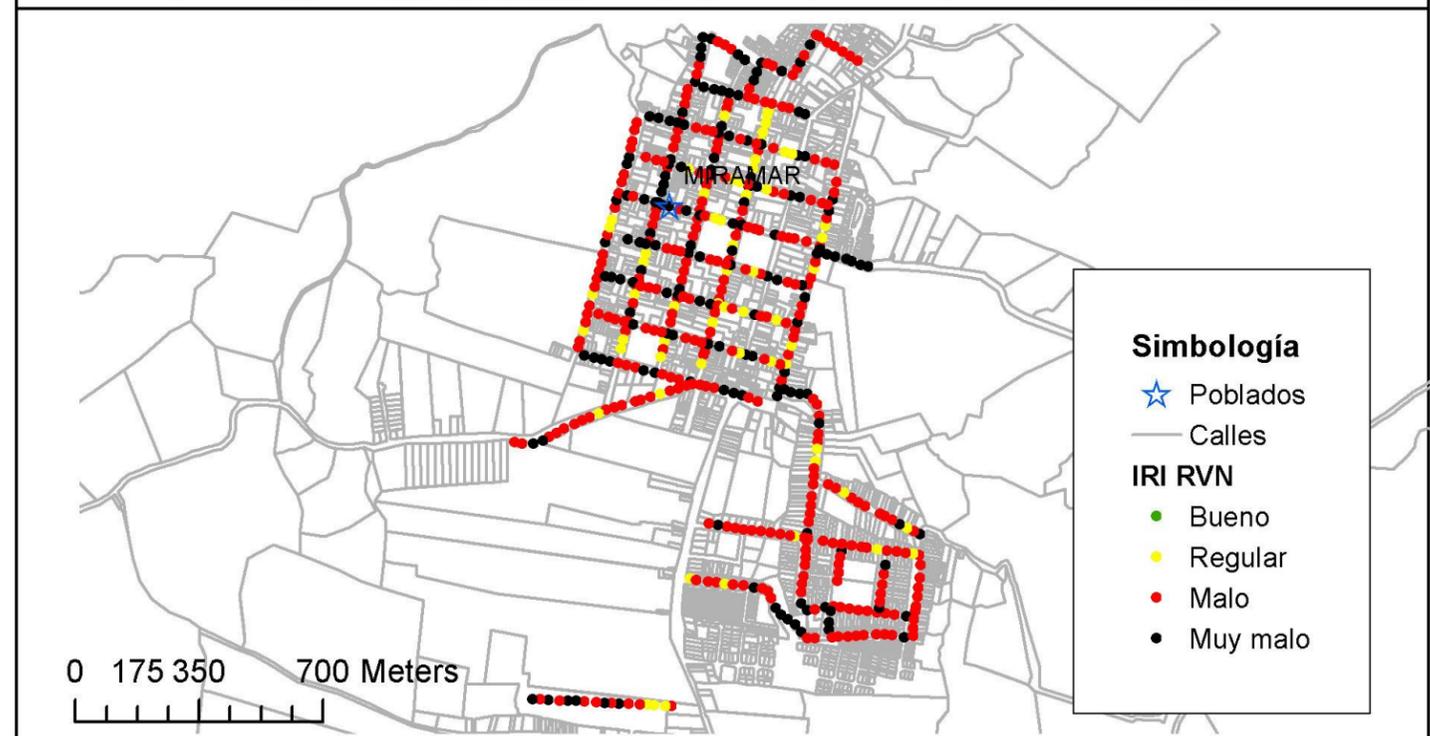


### 2.3.3 *Municipalidad de Montes de Oro*

Las evaluaciones en este municipio abarcan una longitud aproximada de 16 kilómetros, incluyendo cuadrantes centrales de la localidad de Miramar y sectores aledaños, en los cuadrantes centrales fueron evaluados aproximadamente 14 km, los restantes 2 km, corresponden a rutas ubicadas hacia el sur de la localidad de Miramar. Para este municipio se utilizaron mediciones de IRI y deflectometría realizadas en el 2009, además se utilizaron las evaluaciones mediante la metodología VIZIR que realizó el personal de la municipalidad de Montes de Oro, esta información puede observarse en la Figura 19.

En la Figura 18 pueden observarse los resultados de las mediciones de deflectometría e IRI, con su debida clasificación, al lado izquierdo se puede observar la deflectometría para los cuadrantes centrales y en el lado derecho el IRI bajo los diferentes parámetros de clasificación.





**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**

**Unidad de Gestión Municipal**

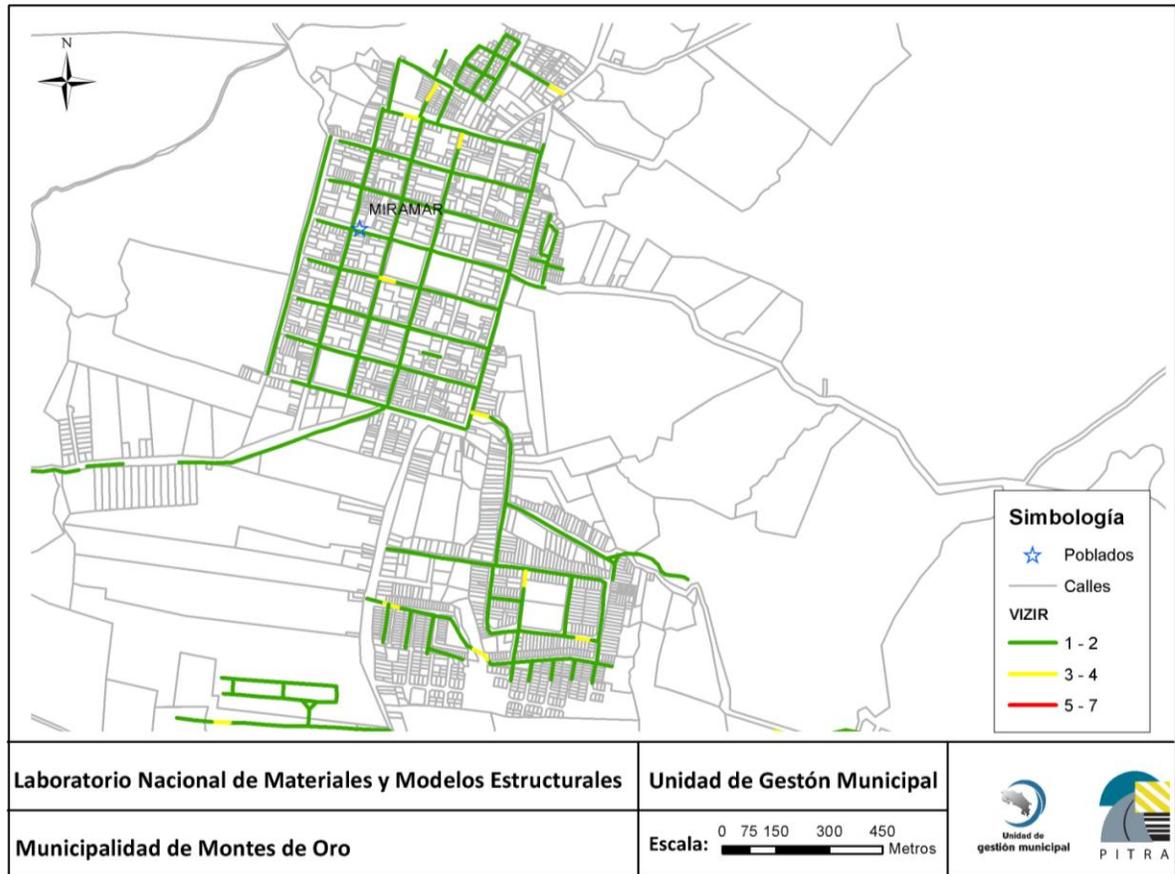
**Municipalidad de Montes de Oro**

**Escala: Ver detalle**



**Figura 18.** Condición según las mediciones del IRI y deflectometría para la Municipalidad de Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 19.** Condición de las vías evaluadas según la metodología VIZIR para la Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Las evaluaciones mediante la metodología VIZIR fue realizada por el personal de la Municipalidad de Montes de Oro, como puede observarse en la Figura 19 se observan los resultados obtenidos en los cuadrantes centrales, donde los índices de daños se ubican entre 1 y 2.

### 2.3.3.1 Metodología PCI

#### Parámetros Red Vial Nacional (RVN)

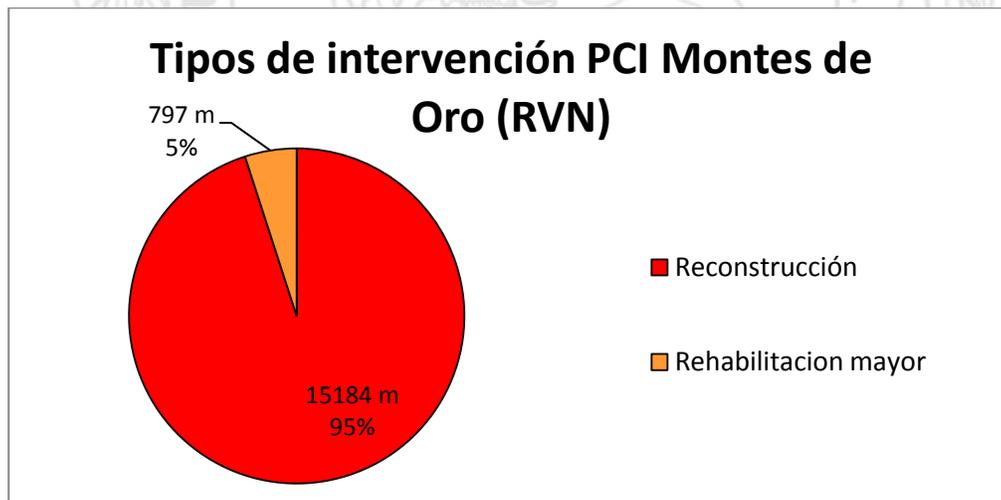
En la siguiente tabla puede observarse los resultados obtenidos para el análisis mediante la metodología PCI con los parámetros de la RVN, bajo estas condiciones de análisis la totalidad de red evaluada posee un PCI inferior a 60.

**Tabla 16.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, parámetros de RVN, Montes de Oro.

Rango de PCI	Longitud
80-100	0 m
60-80	0 m
40-60	797 m
0-40	14585 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Los tipos de intervención propuestos bajo esta metodología se pueden observar en la Figura 20, donde un 95% (15 km) se encuentra en una condición deteriorado, donde los trabajos recomendados están relacionados con la reconstrucción de una o más capas de la estructura del pavimento.



**Figura 20.** Distribución de los tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVN, Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Por otro lado se tiene que un 5% (0,8 km) necesita una rehabilitación mayor, este tipo de intervención está relacionada con un refuerzo estructural del pavimento.

### Parámetros de Red Vial Cantonal

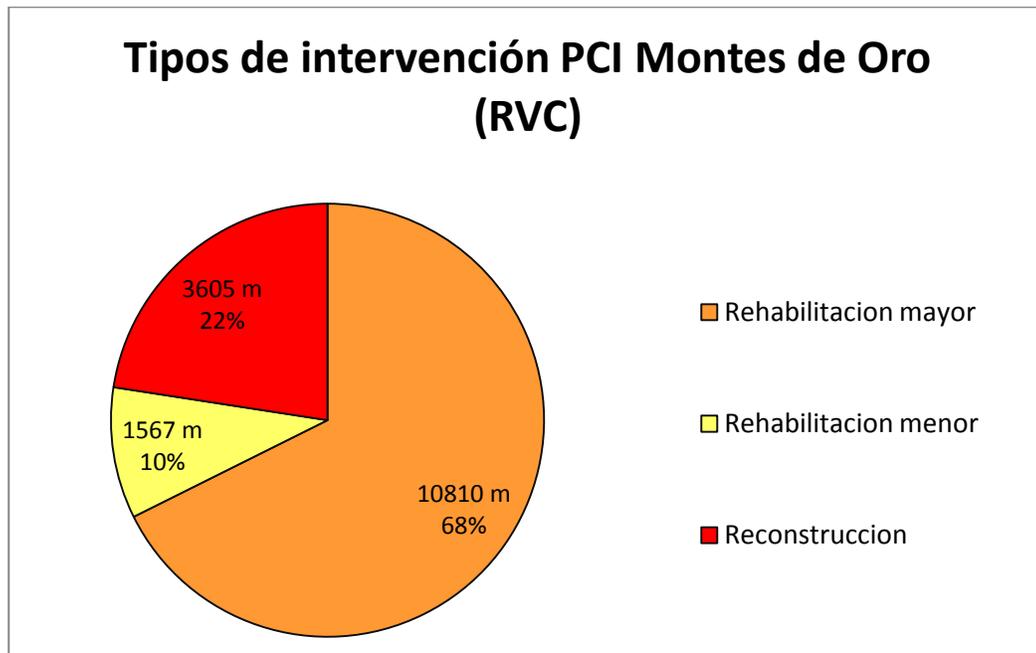
Al utilizar los parámetros asociados a la RVC se obtiene una mayor distribución en las categorías de PCI, esto se puede observar en la Tabla 17, bajo estas condiciones 1,5 km se encuentra con un PCI entre 60 y 80, por otro lado 10,8 km poseen un PCI entre 40 y 60, mientras que 3,6 km poseen un PCI entre 0 y 40.

**Tabla 17.** Distribución de la longitud evaluada según PCI, parámetros de RVC, Montes de Oro.

Rango de PCI	Longitud
80-100	0 m
60-80	1567 m
40-60	10810 m
0-40	3606 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Al asociar cada valor de PCI con los tipos de intervención recomendados se obtiene la distribución que se presenta en la Figura 21, donde se observa que un 22% (3,6 km) de la red vial analizada necesita algún tipo de reconstrucción, por otro lado un 68% (10,8 km) reúne las condiciones necesarias para una rehabilitación mayor y un 10% (1,5 km) posee mejores condiciones y reúne las características adecuadas para realizar una rehabilitación menor.



**Figura 21.** Distribución de los tipos de intervención según metodología del PCI, parámetros de RVC, Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

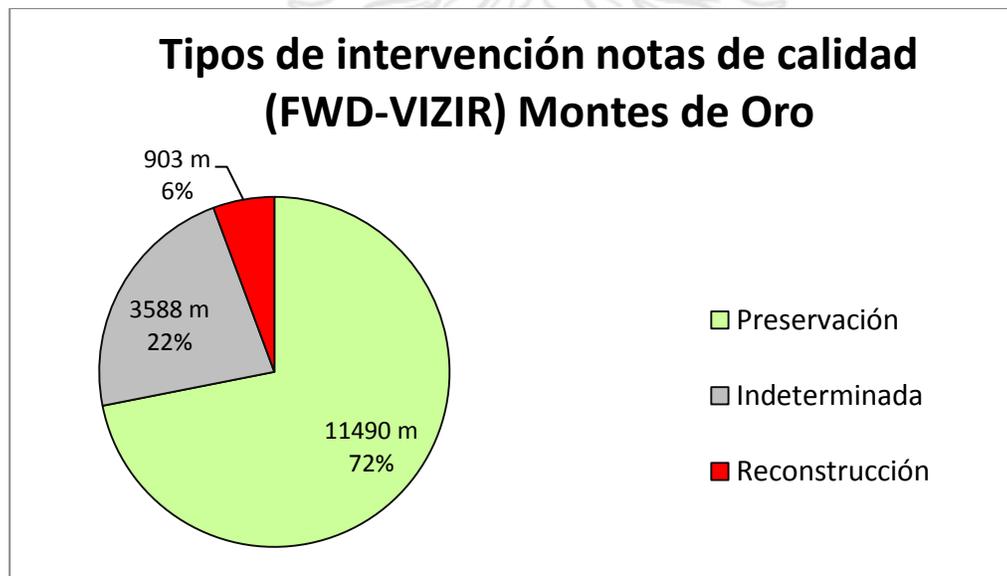
#### 2.3.3.2 Metodología notas de calidad (FWD-VIZIR)

El resultado de los diferentes tipos de intervención al aplicar la metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR) se puede observar en la siguiente figura, donde un 72% (11,5 km) de las rutas evaluadas poseen un bajo nivel de deterioro y es necesario realizar trabajos de preservación para mantener la condición actual, por otro lado un 6% (0,9 km) necesita reconstrucción en una o más capas y un 22% (3,5 km) se encuentran en una condición intermedia y es necesario realizar una evaluación más detallada.

**Tabla 18.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-VIZIR), Montes de Oro.

Nota de calidad	Longitud
Q1	6696 m
Q3	5967 m
Q6	2415 m
QF-1	903 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 22.** Distribución de los tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR), Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.3.3.3 Metodología notas de calidad (FWD-IRI)

#### Parámetros Red Vial Nacional (RVN)

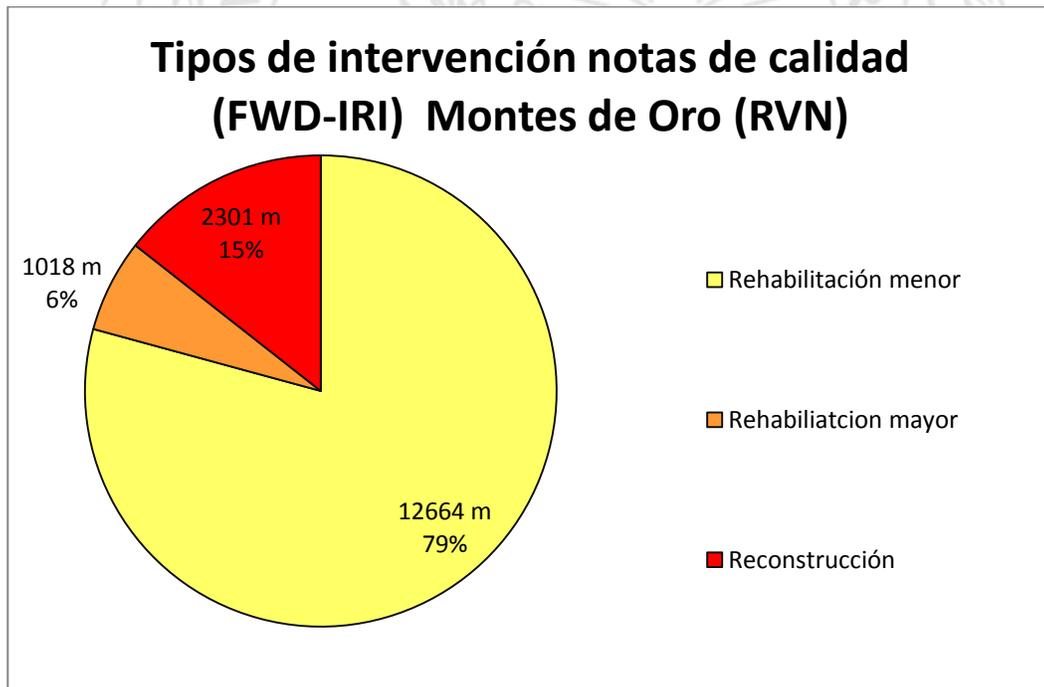
La distribución de las diferentes notas de calidad (FWD-IRI), se puede observar en la tabla siguiente, los 16 km evaluados se dividen en un total de seis notas de calidad distintas, donde la mayor cantidad de kilómetros poseen una nota de calidad Q4, seguido de la nota de calidad Q7.

**Tabla 19.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVN, Montes de Oro.

Nota de calidad	Longitud
Q4	5516 m
Q7	4263 m
Q9	1018 m
M-RF	1180 m
R-3	2006 m
NP	294 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Las ventanas de operación propuestas se presentan en la siguiente figura, se aprecia que bajo esta metodología un 79% (12,7 km) se encuentra en condiciones para una rehabilitación menor, un 6% (1 km) para rehabilitación mayor y un 15% (2,3 km) necesita reconstrucción en una o más capas.



**Figura 23.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVN, Municipalidad de Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Parámetros de Red Vial Cantonal

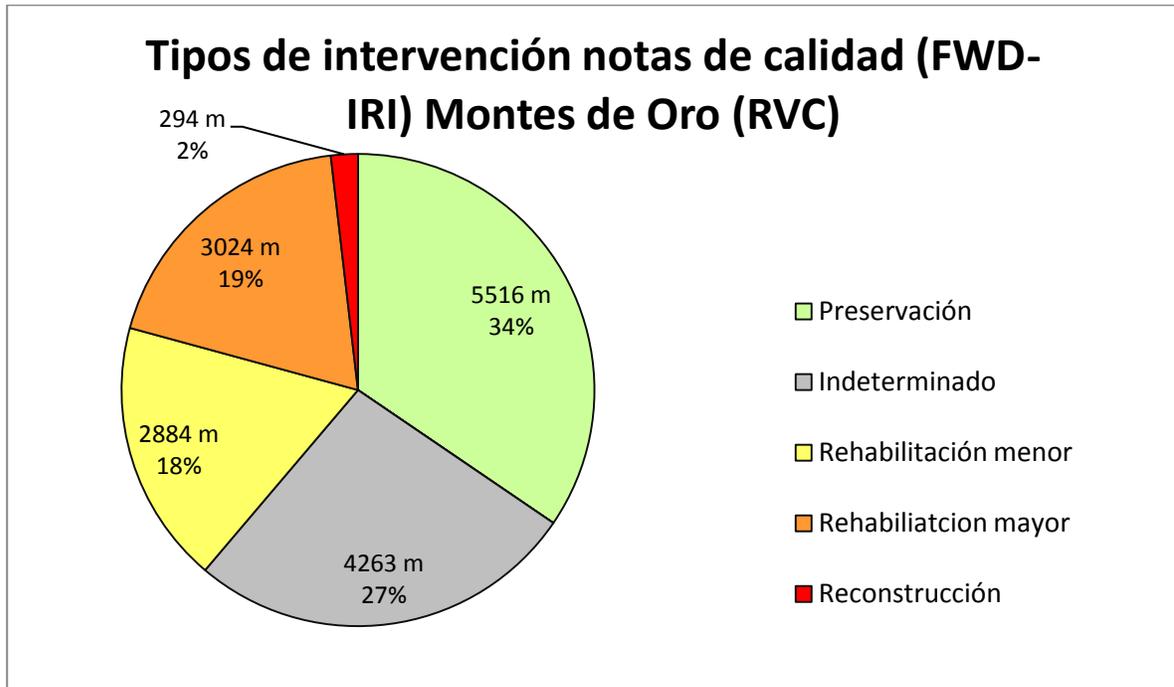
En la Tabla 20 se puede observar la distribución de las notas de calidad obtenidas al variar los límites de IRI, las notas de calidad que más longitud abarcan son la Q2 y la Q4, en total se obtuvo un total de ocho notas de calidad.

**Tabla 20.** Distribución de la longitud evaluada según notas de calidad (FWD-IRI), RVC, Montes de Oro.

Nota de calidad	Longitud
Q2	5516 m
Q4	1180 m
Q5	4263 m
Q7	1704 m
Q8	1018 m
Q9	1397 m
R-2	609 m
R-3	294 m

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la siguiente figura puede observarse la distribución de los tipos de intervención asociados a las notas de calidad presentes en la tabla anterior. Del total evaluado un 34% (5,5 km) posee las condiciones adecuadas para efectuar labores de preservación, por otro lado un 18% (2,9 km) necesita una rehabilitación menor, un 19% (3 km) de las rutas evaluadas se encuentra apta para una rehabilitación mayor y un 2% (0,3 km) necesita reconstrucción en una o más capas del pavimento, mientras que un 27% (4,3 km) se encuentra en un condición intermedia donde es necesario una evaluación a nivel de proyecto para definir de mejor forma el estado del pavimento.



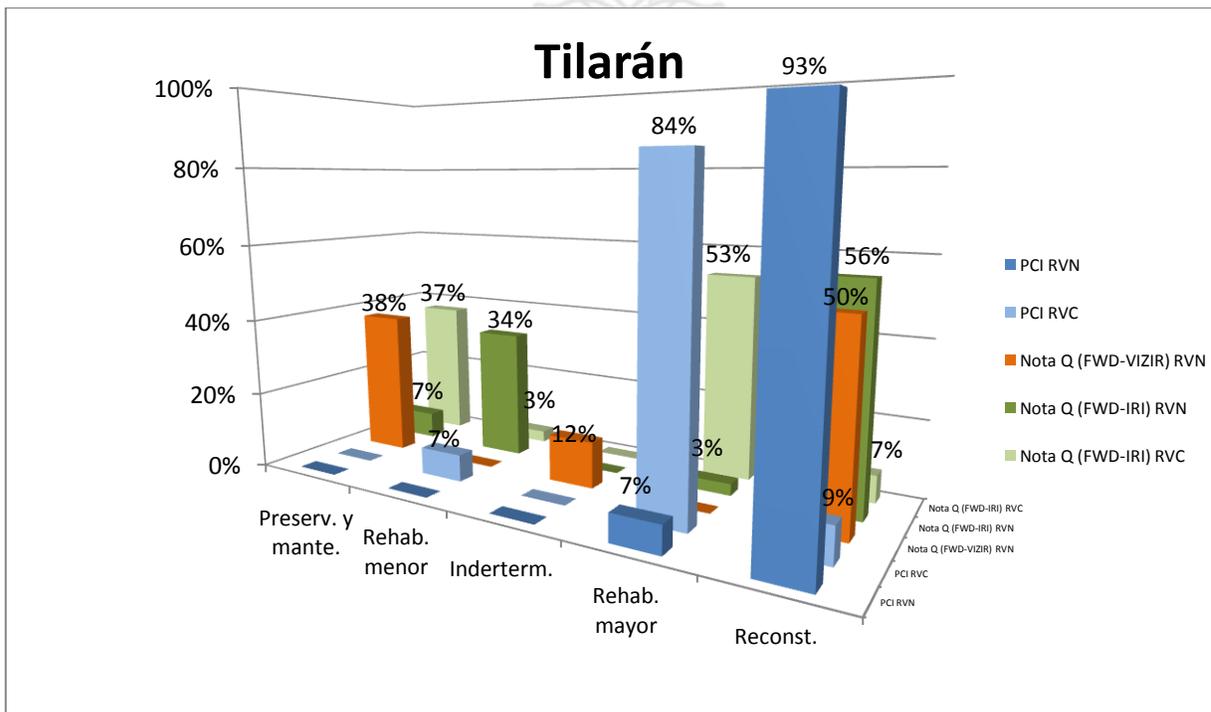
**Figura 24.** Tipos de intervención según metodología de notas de calidad (FWD-IRI), parámetros de RVC, Municipalidad de Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

#### 2.3.4 Comparación de entre las metodologías utilizadas

En la Figura 25 se puede observar un gráfico de columnas con los tipos de intervención obtenidas en la Municipalidad de Tilarán bajo los diferentes parámetros y metodologías. Se aprecia que bajo los parámetros de RVN los tramos en reconstrucción son mucho mayores que los obtenidos bajo los parámetros de RVC, en la metodología del PCI se observa que la longitud en reconstrucción disminuye del 93% al 9%, por otro lado con la metodología de las notas de calidad (FWD-IRI) los tramos disminuyen del 56% al 7%. Mientras que la metodología de PCI segrega mucho las soluciones en el caso de las notas de calidad (FWD-IRI) se observa una mayor variedad de condiciones.

También es importante mencionar que para esta municipalidad la metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR) presentó mayores similitudes con la de notas de calidad (FWD-IRI) bajo los parámetros de RVN, ya que la cantidad de metros en reconstrucción es similar (56% y 50%), también se observa similitud en la zona asociada a inversiones relativamente inferiores que son preservación y mantenimiento con rehabilitación menor (34% y 38%). Además para este municipio se observa que la metodología del PCI resulta más severa que las demás, indistintamente de los parámetros que se utilizaron.

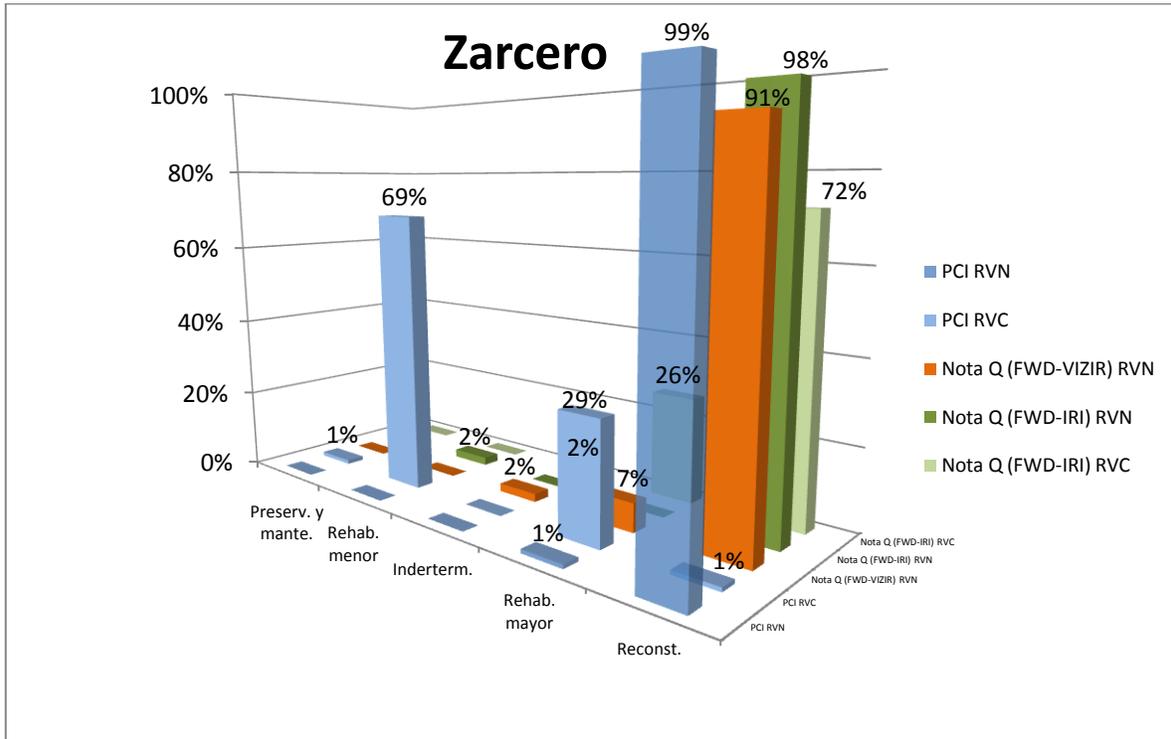


**Figura 25.** Comparación tipos de intervención, Municipalidad de Tilarán.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la municipalidad de Zarcero se observa un comportamiento con diferencias importantes (ver Figura 26), la metodología del PCI resulta más severa bajo los parámetros de RVN aunque en general las tres metodologías presentan un comportamiento similar bajo los parámetros de RVN, al variar los parámetros en la metodología del PCI, la longitud en reconstrucción disminuye del 99% al 1%, esto hace que se de un aumento significativo en la longitud a intervenir mediante una rehabilitación menor. En la metodología de notas de

calidad (IRI) los tramos en reconstrucción disminuyen del 98% al 72% y se da un aumento de los tramos en rehabilitación mayor (26%). En este caso la metodología de notas de calidad (VIZIR) resulta tener mayores similitudes con los resultados obtenidos en la metodología del PCI y notas de calidad (IRI) bajo los parámetros de RVN.

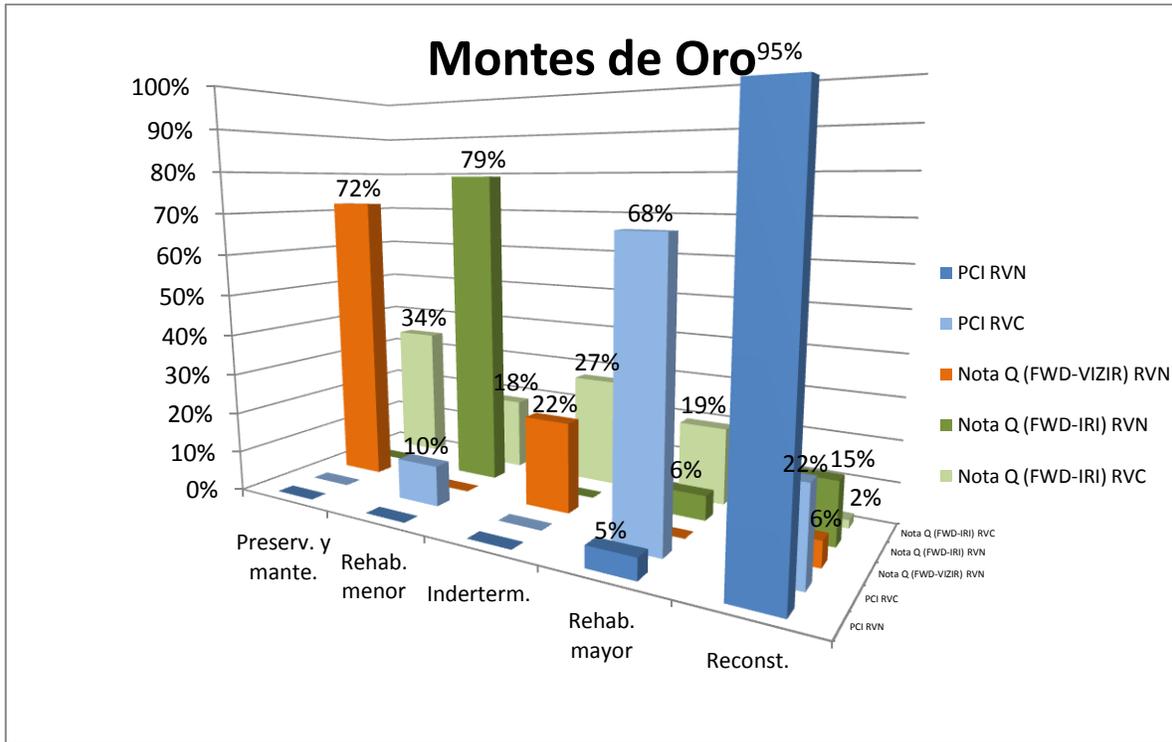


**Figura 26.** Comparación tipos de intervención, Municipalidad de Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la Figura 27 puede observarse como se distribuyen los diferentes tipos de intervención para las tres metodologías utilizadas en la Municipalidad de Montes de Oro, se aprecia que la metodología del PCI la longitud a reconstruir pasa de 95% a un 22% al variar los parámetros máximos y mínimos de área e IRI (ver sección 2.2.2.3), por otro lado con la metodología de notas de calidad (IRI) la distancia a reconstruir varía del 15% al 2%. Mientras que con la metodología del PCI el cambio en los parámetros (RVN y RVC), provoca una disminución de los tramos en reconstrucción y un aumento en los tramos rehabilitación mayor, la metodología de notas de calidad (IRI) provoca un aumento en las categorías de

preservación y mantenimiento, indeterminado y rehabilitación mayor. En este municipio se observa que la metodología de PCI es la más severa de las tres, mientras que la metodología de notas de calidad (VIZIR) fue la menos severa.



**Figura 27.** Comparación tipos de intervención, Municipalidad de Montes de Oro.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 2.3.5 Resultados Generales

En términos generales se observa que la metodología del PCI en ambos escenarios (RVN y RVC) brinda recomendaciones más severas, entre las tres metodologías, aunque hay que considerar que la metodología como tal al usar los valores de varios geófonos puede detectar problemas en capas inferiores que afectan el valor final de PCI. Por otro lado la metodología de Notas de calidad (IRI) solo utiliza la información del primer geófono y es el único indicador de la capacidad estructural.

La metodología de nota de calidad (FWD-VIZIR) es una herramienta muy útil, pero dada su subjetividad puede generar problemas, ya que como se observó en las figuras 15,12 y 19, las evaluaciones mediante VIZIR difieren mucho de las mediciones del IRI, indiferentemente de los rangos que se utilicen para comparar ambas evaluaciones.

A pesar de que cada metodología es distinta y por lo tanto las soluciones obtenidas son diferentes se observa que tanto en el PCI como en la metodología de notas de calidad (FWD-IRI), la variación de los parámetros de análisis para los escenarios de RVN y RVC disminuye la severidad de las recomendaciones, también es importante destacar que en el caso de la Municipalidad de Zarcero las deflexiones eran muy altas, esto afecta directamente la posibilidad de que haya una variación importante, ya que en las tres metodologías la condición estructural es un factor muy importante.

### 2.3.6 Ventajas y desventajas de cada metodología

#### 2.3.6.1 Notas de calidad (FWD-VIZIR)

**Tabla 21.** Ventajas y desventajas de la metodología de notas de calidad (FWD-VIZIR).

Ventajas	Desventajas
Permite control interno en las municipalidades.	Tiempo en campo y tiempo de oficina, altos.
Únicamente se requiere de disponibilidad del personal en el municipio, ya que no requiere del uso de equipo de laboratorio.	Diferencias entre zonas evaluadas.
Rangos de FWD, varían en función del TPD.	No existe un control directo sobre las mediciones (subjetivo).
	Mayor propensión a errores humanos.
	No todas las municipalidades se evalúan con la misma severidad.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

2.3.6.2 Notas de calidad (FWD-IRI)

**Tabla 22.** Ventajas y desventajas de la metodología de notas de calidad (FWD-IRI).

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Rápido procesamiento de datos.	Solo se utiliza la información del primer geófono.
Apto para la evaluación en redes viales extensas.	
Mayor cantidad de ventanas de operación.	
Rangos de FWD, varían en función del TPD.	
Se evalúa con el mismo criterio a todas las municipalidades.	

Fuente: LanammeUCR, 2012.

2.3.6.3 PCI

**Tabla 23.** Ventajas y desventajas de la metodología PCI.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Rápido procesamiento de datos.	Pocas ventanas de intervención.
Se utiliza la información de 4 geófonos.	Se pierde información ya que los resultados son una combinación de dos variables.
Permite detectar problemas de subrasante.	
Adaptación para RVC mediante datos de Costa Rica.	
Rango de 0 a 100 fácil de comprender.	

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3 CONCLUSIONES POR RED ANALIZADA

#### 3.1 Tilarán

- El método de PCI resultó ser más severo en ambos escenarios.
- A nivel de tendencia existe una equivalencia marcada entre los métodos de PCI y notas de calidad (FWD-IRI) si se comparan ambos escenarios (RVN y RVC), ya que se da una disminución de los kilómetros por reconstruir.
- Las recomendaciones que se determinan con el método de notas de calidad (FWD-IRI) con los parámetros de la RVC, parecieran estar más acordes con el nivel de calidad deseado y la capacidad económica de los municipios.
- Con el método VIZIR se determinaron intervenciones intermedias respecto a las determinadas por los otros métodos en ambos escenarios planteados (RVN y RVC).

#### 3.2 Zarcero

- Los métodos de PCI, notas de calidad (FWD-IRI) y VIZIR bajos los parámetros de RVN presentaron similitudes. Esto en su parte se debe a que las deflexiones eran muy altas, y con esta condición los métodos convergen hacia la reconstrucción del pavimento.
- Las recomendaciones de intervención que se determinan con el método de nota de calidad (FWD-IRI) basados en parámetros de la RVC, pareciera que reflejan mejor el estado de la red vial, desde el punto de vista funcional y estructural.
- El método de PCI fue el más severo pero solo bajos los parámetros de RVN.

#### 3.3 Montes de Oro

- El método de PCI resulto ser el más severo en ambos escenarios (RVN y RVC).
- El Método de notas de calidad (FWD-VIZIR), brindo las soluciones menos severas y el método de notas de calidad brindo soluciones intermedias.



- Las recomendaciones que se determinan con el método de notas de calidad (FWD-IRI) y notas de calidad (FWD-VIZIR), pareciera que reflejan mejor el estado de la red vial cantonal.

### 3.4 Conclusiones Generales

- Las ventanas de operación obtenidas utilizando los parámetros de la RVN, tanto para PCI como para las notas de calidad (FWD-IRI) no se ajustan a la realidad municipal Costarricense, tanto a nivel funcional como económico.
- Los rangos de IRI utilizados para el escenario de RVC se aproximan mejor a la realidad municipal actual y sienta las bases para un aumento en la calidad de forma gradual.
- En las tres Municipalidades, se obtienen soluciones más severas con el método de PCI (RVN).
- Es recomendable utilizar el método de notas de calidad (FWD-IRI) o PCI basado en parámetros de RVC, ya que presentan mayor congruencia entre las soluciones obtenidas.
- En el método de notas de calidad (FWD-VIZIR) se puede generar pérdida de información ya que se aprecian diferencias entre lo analizado por cada Municipalidad (auscultación visual) y los resultados del LanammeUCR, obtenidos por medio de la ejecución de ensayos de campo (IRI y FWD).
- El método de notas de calidad (FWD-IRI), presenta un mayor detalle en el tipo de intervenciones propuestas.
- El método del PCI, permite detectar problemas en la subrasante y por ende brindar recomendaciones extras.
- El método del PCI, une la información estructural con funcional en un único valor, que puede obtenerse a partir de diferentes combinaciones por lo que se pierde información a la hora de escoger la estrategia de intervención.



#### 4 RECOMENDACIONES

- Utilizar los parámetros de deflectometría y el índice de rugosidad internacional para definir las estrategias de intervención, ya que estos datos son recolectados siguiendo un procedimiento estándar.
- Utilizar las evaluaciones de la metodología VIZIR como un control interno en las Municipalidades, ya que les permite evaluar la condición de los pavimentos sin la necesidad de equipo especializado, además les permite dar seguimiento a las diferentes inversiones realizadas y evaluar la efectividad de las mismas.
- Utilizar la metodología de notas de calidad (FWD-IRI) con los parámetros de IRI seleccionados para la RVC o similares, ya que cada nota de calidad brinda una descripción más detallada de la condición real, además los resultados obtenidos están acordes con la realidad municipal y a la búsqueda de mejorar la calidad de una forma sostenida y gradual.

#### 5 INVESTIGACIÓN SUGERIDA

- Definir rangos de deflectometría más detallados que permita tener parámetros de comparación para rutas cuyos flujos vehiculares son menores a 5000 vehículos por día.
- Definir rangos de IRI de manera que sean acordes con la exigencia de la Red Vial Cantonal Costarricense, considerando velocidades de operación, nivel de confort a esas velocidades y tipos de superficies de ruedo comúnmente utilizadas.

#### 6 REFERENCIAS

- Amador, Luis; Mrawira Donath. (Enero 2008) Performance Modeling for Asset Management: What to when you only have two data points; University of New Brunswick.
- Badilla V., G. "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)" Infraestructura Vial, N°21 (Febrero 2009).



- Hass, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1993). Modern Pavement Management. R.E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Autret P, Brousse J. (1996). VIZIR Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red carretera; Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- 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 (LanammeUCR), San José, Costa Rica. Agosto, 2009.
- 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.
- Orozco Santoyo R. V. Evaluación de Pavimentos con Métodos no Destructivos. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 2005.
- 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 (LanammeUCR), 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 (LanammeUCR), San José Costa Rica. Agosto, 2008.
- Solminihac H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial; Editorial Universidad Católica de Chile, Chile.
- Wave; Department of Transportation of New Brunswick. (2005). Appendix Document, Asset Management Business Framework, New Brunswick Department of Transportation.