



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES
UNIDAD DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Proyecto No. LM-PI-GM-01-08:

**PROYECTO DE GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL
DE LA MUNICIPALIDAD DE BELÉN
INFORME DE AVANCE**

Realizado por:

Ing. Jaime Allen Monge, M.Sc.

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) 2207-4247

E-mail: jallen@lanamme.ucr.ac.cr

San José, Costa Rica
NOVIEMBRE 2008

ÍNDICE

1. Antecedentes	3
1.1. Asesoría Técnica	3
1.2. Capacitación	3
1.3. Venta de Servicios.	3
1.4. Recursos Financieros.	3
2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial	4
3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Belén	5
3.1. Objetivo	5
3.2. Actividades	5
3.2.1. Clasificación de la RVC	6
3.2.2. Determinar tránsito (TPD) y clasificación vehicular	6
3.2.3. Identificar condición funcional	10
3.2.3.1. Deterioro Superficial	10
3.2.3.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	14
3.2.3.3. Drenajes	17
3.2.4. Identificar condición estructural	17
3.2.5. Caracterizar la estructura del pavimento	19
3.2.5.1. Estructura del pavimento	20
3.2.5.2. Caracterización del material del pavimento.	21
3.2.5.3. Clasificación de sub-rasante según CBR	22
3.2.6. Definir tramos homogéneos	24
4. Bibliografía	24

Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Belén

1. Antecedentes

Por medio de la ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, se le asigna a la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), la responsabilidad de velar por la calidad y la eficiencia de la inversión pública destinada a conservar y desarrollar la red vial nacional. Con este propósito, el **LanammeUCR** realiza tareas de fiscalización, evaluación, investigación y transferencia de tecnología.

La ley No. 8603 modificó el Artículo el artículo 6 de la ley No. 8114 con el siguiente texto: *“Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal y en lo que razonablemente sea aplicable, las municipalidades y la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Lanamme, podrán celebrar convenios que les permita realizar, en la circunscripción territorial municipal, tareas equivalentes a las establecidas en los incisos anteriores (La Gaceta 196, 2007).”*

La Municipalidad de Belén solicitó el apoyo técnico del LanammeUCR para elaborar el Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal para el período 2008-2012.

Con el propósito de unir esfuerzos para lograr objetivos comunes, la Municipalidad de Belén y la Universidad de Costa Rica convienen en suscribir una Carta de Entendimiento, que presenta las siguientes actividades principales:

1.1. Asesoría Técnica: El LanammeUCR brindará asesoría técnica a la Municipalidad para realizar las siguientes actividades:

1. Evaluar la operación y uso de la red vial cantonal de Belén.
2. Evaluar la condición superficial y estructural de los pavimentos existentes.
3. Desarrollar e implementar una metodología para clasificar y priorizar la RVC.
4. Definir Políticas y Normas de Ejecución para conservar la RVC.
5. Definir y diseñar las intervenciones técnicas de los proyectos a ejecutar.
6. Elaborar un Plan de Inversiones para implementar el Plan de Conservación.
7. Definir Indicadores de Evaluación del Cumplimiento del Plan de Conservación.

1.2. Capacitación: LanammeUCR brindará capacitación a los funcionarios municipales y líderes comunales involucrados en el desarrollo e implementación del Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal.

1.3. Venta de Servicios: LanammeUCR realizará sondeos a cielo abierto, recolección de muestras y ensayos de laboratorio, para conocer y evaluar las estructuras de pavimento que conforman la Red Vial Cantonal.

1.4. Recursos Financieros: La Municipalidad asignará un monto específico de recursos monetarios para realizar sondeos y ensayos de laboratorio.

Para desarrollar las actividades específicas de Asesoría Técnica, Capacitación y Venta de Servicios, las partes suscribirán Acuerdos de Implementación; en donde se especificarán las actividades a realizar, los productos a obtener, y los recursos humanos y financieros requeridos. Estos Acuerdos de Implementación serán

aprobados por los responsables asignados por las partes para la implementación de esta Carta de Entendimiento.

2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial

La gestión de pavimentos debe ser capaz de ser usada por el organismo a cargo de los distintos niveles y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales y de la red en que se encuentran insertos dichos proyectos individuales y de la red en que se encuentran insertos dichos proyectos.

Por otra parte, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto a los diversos costos involucrados. Para conseguir un adecuado sistema de gestión es útil conocer algunos de sus requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información sin mayor complicación.
- Capacidad de considerar estrategias alternativas 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 usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones.

Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: combinaciones de cargas que soportan, solicitudes de medio ambiente, materiales y formas de construcción, mantención, etc. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y mantención para poder hacer una apropiada gestión de pavimentos.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con su elemento más importante, el pavimento, pero en forma progresiva deben ir agregándose las herramientas que permitan gestionar la conservación de todos los demás elementos (Ej. alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar de manera adecuada los productos, el siguiente esquema demuestra el flujo grama para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal, aplicado específicamente a la Municipalidad de Belén.

Proceso de gestión vial

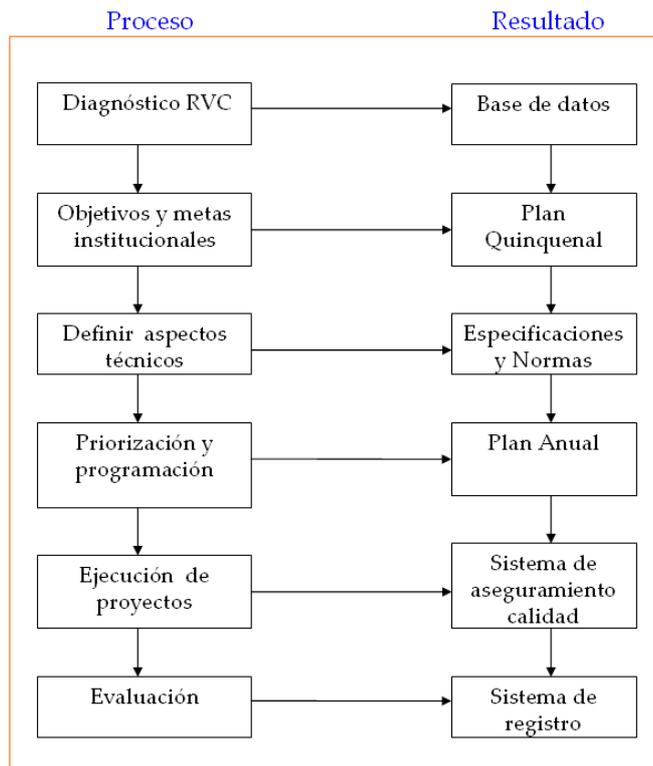


Figura 1. Esquema de proceso de gestión vial (Fuente: LanammeUCR, 2008).

En el caso de Belén, hasta la fecha se ha trabajado principalmente en el diagnóstico de la Red Vial Cantonal (RVC), el producto principal es el montaje de la base de datos; además con el diagnóstico ya se puede proceder a definir los objetivos y metas institucionales, y con esto proceder a definir el plan quinquenal. A continuación se presenta el detalle del diagnóstico de la RVC de la Municipalidad de Belén.

3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Belén

3.1. Objetivo:

Realizar una evaluación de la RVC de Belén, el producto es una base de datos con todas las características técnicas de la infraestructura vial de la red. El diagnóstico también es insumo para definir los objetivos y metas institucionales, con el objetivo principal de desarrollar un plan quinquenal de conservación de la RVC de Belén.

3.2. Actividades:

Las actividades para realizar el diagnóstico de la RVC son seis pasos con productos asociados, a continuación se presentan las actividades para realizar el diagnóstico.

1. Clasificación de la red vial cantonal (RVC).
2. Determinar tránsito (TPD) y clasificación vehicular.
3. Identificar condición funcional.
4. Identificar condición estructural.
5. Caracterizar la estructura del pavimento.
6. Definir tramos homogéneos.

3.2.1. Clasificación de la RVC

Se evalúa el uso y operación de la RVC, y se categorizan las rutas según su función o importancia. Las vías se dividen en las siguientes categorías:

- RVN: Rutas nacionales (Red Vial Nacional).
- Rutas de travesía: Unen dos secciones de RVN.
- RVC primaria: Brindan movilidad dentro de la ciudad.
- RVC secundaria: Colectoras, conectan vías primarias y terciarias.
- RVC terciaria: Brindan acceso a propiedades y casas.

La clasificación se determina con la experiencia de la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Belén (UTGVB). También se realiza un recorrido preliminar por la RVC, para determinar puntos estratégicos de mayores volúmenes y observar un panorama general de la movilidad en la RVC. Se adjunta un mapa con la clasificación de la RVC de la Municipalidad de Belén.

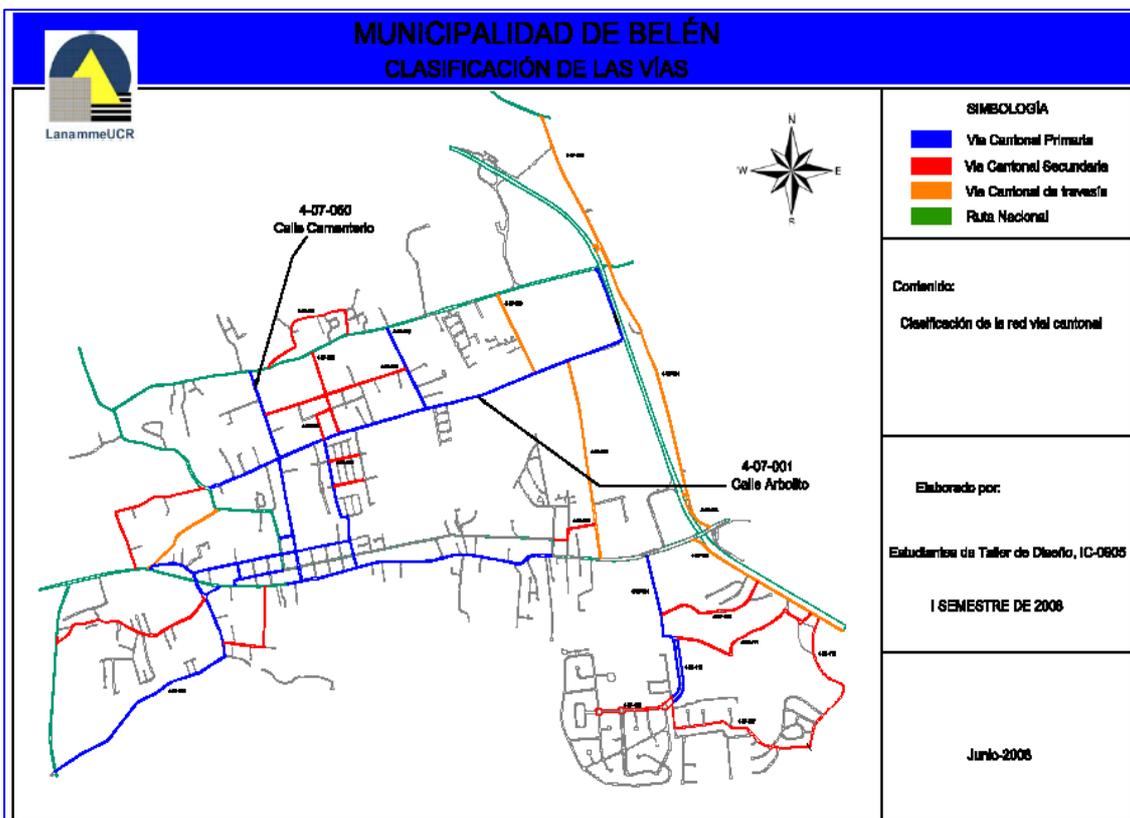


Figura 2. Clasificación de la RVC de Belén (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.2. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular

Para determinar el TPD se realizan conteos vehiculares en las vías primarias de la RVC se realizan conteos de tránsito que incluyen clasificación vehicular. El propósito de los conteos de tránsito es conocer la cantidad y tipos de vehículos que transitan por la RVC.

Los puntos de conteo vehicular, se escogen en las vías primarias que proporcionan mayores flujos vehiculares.

Se realizan conteos automáticos usando el equipo de MetroCount, facilitado por el LanammeUCR a la UTGVB y se capacitó al personal para su uso. Algunos detalles importantes para realizar los conteos de tránsito son:

- Realizar los conteos durante periodos de tránsito normal, nunca en vacaciones o feriados.
- En días laborales (lunes a viernes). Preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Tomar en cuenta ambos periodos de hora pico en los conteos.
- Escoger los sitios de mayor flujo vehicular de la calle o tramo a evaluar.

El volumen y tipo de tránsito cambian continuamente; por lo tanto, los conteos se deben actualizar periódicamente, como mínimo cada seis meses.

Se presentan dos figuras de los contadores automáticos colocados en las vías, y las configuraciones recomendadas en campo para la clasificación vehicular.



Figura 3. Cables y contadores automáticos en sitio. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

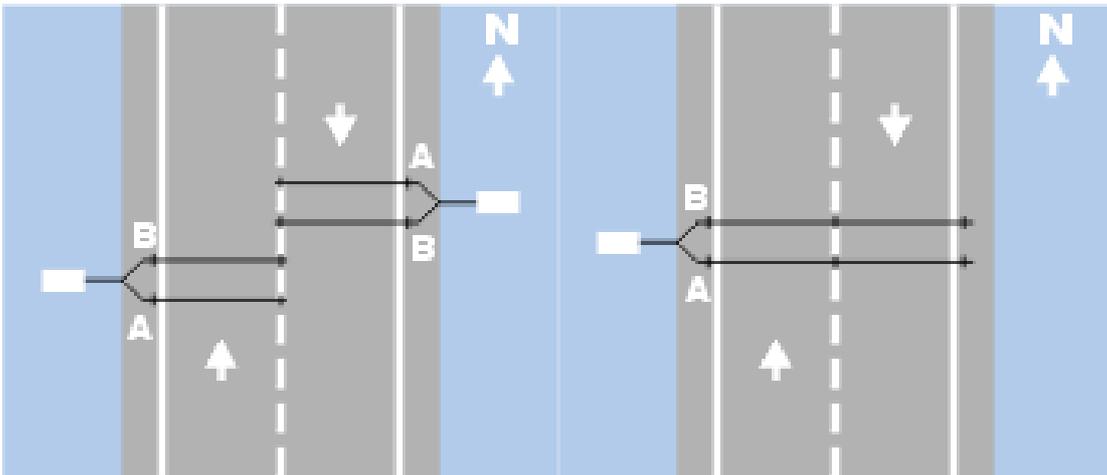


Figura 4. Configuración de los contadores. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

El esquema de la izquierda muestra la configuración ideal, el de la derecha muestra una configuración que resulta en pérdida de precisión.

Los conteos se realizaron el mes de marzo y de abril del 2008 por la UTGVB, 14 conteos se realizaron en un periodo de 24 horas (completo), y 17 conteos tuvieron un periodo menor (parcial). Para estos conteos, se tomaron en cuenta ambos periodos de hora pico, se ajustan tomando en cuenta factores de ajuste para corrección del

Tránsito Promedio Diario (TPD). A continuación se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos.

HORAS PICO "dos sentidos"														
Calle: Alturas de Cariari N°21		Livianos			Medianos			Pesados					%	Observaciones
Hora	Total	A											PESADOS	
6:00am-9:00am	185	1	172	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0,5	93,0	0,0	5,9	0,5	0	0	0	0	0	0	0	6,5
9:00am-12:00pm	133	3	126	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	1,6	68,1	0,5	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6
12:00pm-17:00pm	309	11	283	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	
	%	3,6	91,6	0,0	4,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	4,9
17:00pm-20:00pm	162	6	152	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	3,7	93,8	0,0	2,5	0,0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
20:00pm-6:00pm	133	3	121	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	
	%	2,3	91,0	0,0	5,3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	6,8
Total	922	24	854	1	39	4	0	0	0	0	0	0	0	
	%	2,6	92,6	0,1	4,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	4,7
Calle: El Arbolito N°3		Livianos			Medianos			Pesados					%	Observaciones
Hora	Total	A											PESADOS	
6:00am-9:00am	2521	112	2231	19	119	14	12	0	4	7	3	0	0	
	%	4,4	88,5	0,8	4,7	0,6	0,5	0,0	0,2	0,3	0,1	0	0	6,3
9:00am-12:00pm	2507	131	2122	24	156	42	7	1	5	17	2	0	0	
	%	5,2	84,6	1,0	6,2	1,7	0,3	0,0	0,2	0,7	0,1	0	0	9,2
12:00pm-17:00pm	5036	189	4420	45	277	46	20	7	8	13	6	3	2	
	%	3,8	87,8	0,9	5,5	0,9	0,4	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	7,6
17:00pm-20:00pm	3682	151	3384	40	82	4	11	0	0	8	2	0	0	
	%	4,1	91,9	1,1	2,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0	0	0	2,9
20:00pm-6:00pm	1126	57	987	4	64	6	1	0	1	5	1	0	0	
	%	5,1	87,7	0,4	5,7	0,5	0,1	0,0	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	6,9
Total	14872	640	13144	132	698	112	51	8	18	50	14	3	2	
	%	4,3	88,4	0,9	4,7	0,8	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	6,4

Figura 5. Ejemplo de resultado para TPD y clasificación vehicular. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

Adicionalmente se realizan tres conteos semanales en puntos estratégicos, estos conteos se están realizando actualmente por la UTGVB y una vez se obtengan los resultados, se procederá a actualizar los datos para toda la RVC, además se pueden extrapolar los resultados para obtener los flujos de toda la RVC.

En la Figura 6 se presenta el TPD preliminar computado para toda la RVC, y en la Figura 7 se presenta la clasificación de las vías por TPD.

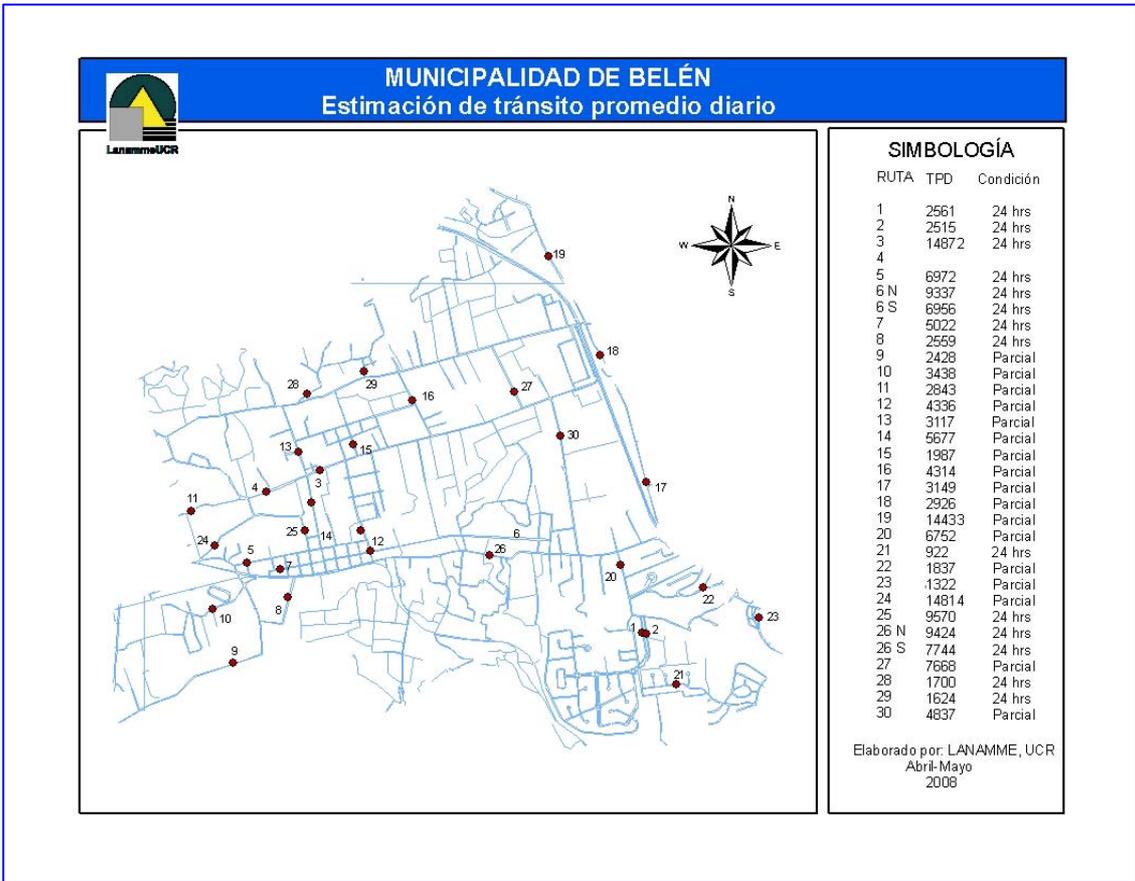


Figura 6. Estimación del Tránsito Promedio Diario. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

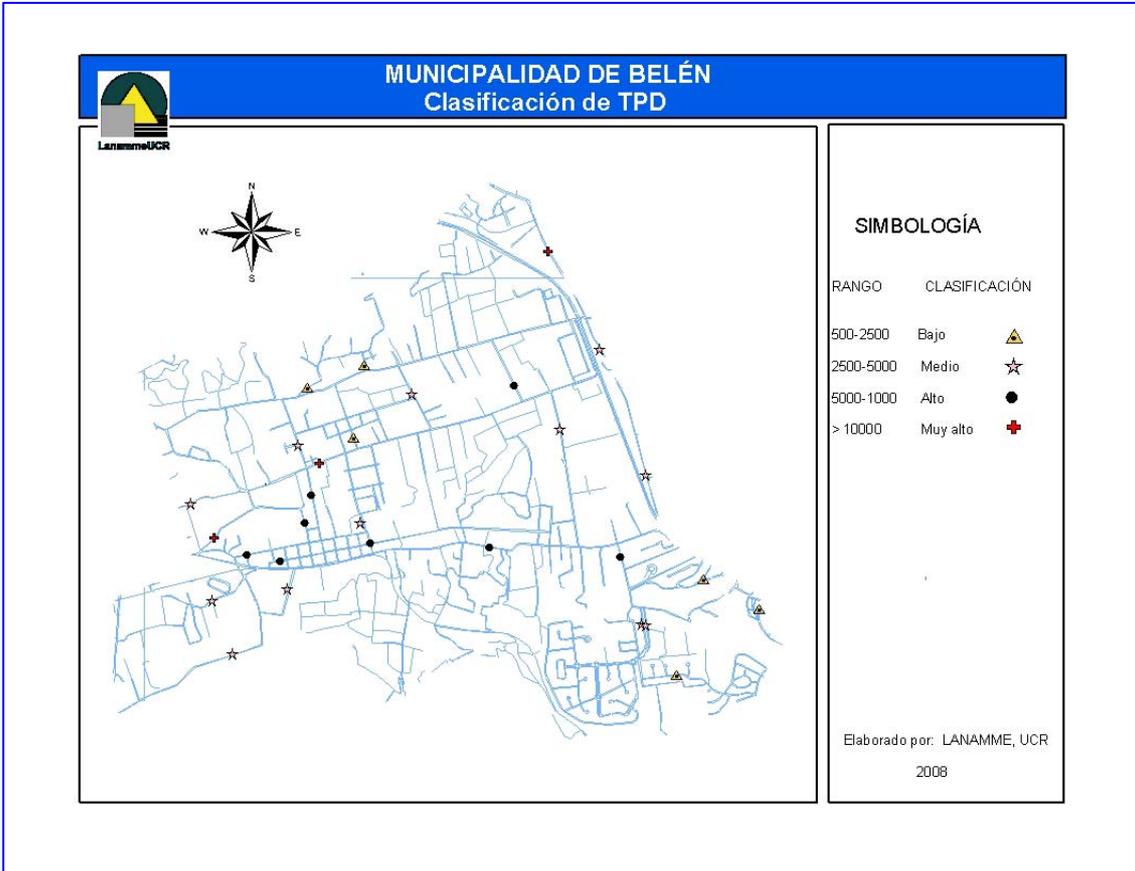


Figura 7. Clasificación de la RVC por TPD. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.3. Identificar condición funcional

La parte funcional se refiere a la habilidad de la vía para cumplir la función de proporcionar servicio a los usuarios, con respecto a funcionalidad, se van a medir tres variables:

1. Deterioro Superficial.
2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
3. Drenajes

3.2.3.1. Deterioro Superficial

La evaluación consiste en la identificación y clasificación de los deterioros superficiales (visuales) de los pavimentos, que ocasionan que la circulación vehicular sea menos segura y confortable y que los costos de operación sean mayores.

Para cuantificar los daños un grupo de estudiantes de la escuela de ingeniería civil de la Universidad de Costa Rica, realizó el levantamiento de daños dividiéndolos en dos categorías: a) Daños Estructurales, b) Daños Superficiales. Ellos realizaron este estudio para el curso de Taller de Diseño (IC-0905), del noveno semestre de la carrera de Ingeniería Civil, en el primer ciclo del 2008. Se utilizó la metodología VIZIR para determinar el deterioro superficial.

La metodología VIZIR, es una metodología de auscultación visual. Se recomienda contar con un catálogo fotográfico de toda la RVC cada 50 metros, que incluya la superficie de la vía de rodamiento e incluya un archivo fotográfico de los drenajes. Esto puede servir como insumo para analizar condición funcional de toda la RVC, y como evoluciona con el tiempo. La metodología VIZIR se basa en los dos tipos de daños: estructurales (Tipo A) y superficiales (Tipo B), además de gravedad y dimensión del daño.

La metodología se basa en el siguiente esquema de clasificación de deterioros.

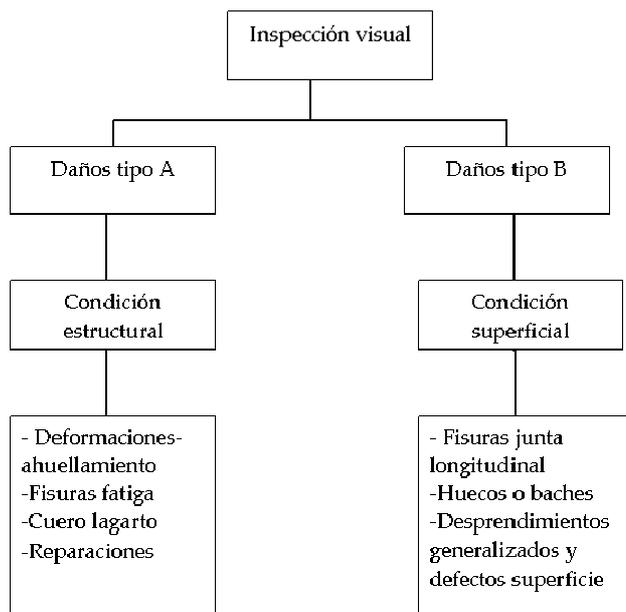


Figura 8. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR (Fuente: LanammeUCR, 2008).

La Figura 9 muestra como determinar los diferentes niveles de gravedad de los distintos tipos de deterioros superficiales (Tipo B), los deterioros tipo A se determinan con criterios similares para los deterioros estructurales, según la metodología VIZIR.

NIVELES DE GRAVEDAD DE LOS DETERIOROS DEL TIPO B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1		2		3	
						
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas d borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos	F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> Perdida de película de ligante Perdida de agregados 	Perdidas aisladas		Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Area (m²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> de mortero de agua 	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros del tipo A

Figura 9. Niveles de gravedad de deterioros Tipo B (Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras).

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de daños superficiales, con respectivos índices de gravedad, acorde con la metodología VIZIR.



Figura 10. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR (Fuente: VIZIR, técnicas y métodos).

La metodología VIZIR cuenta con dos índices: índice de deformación e índice de fisuración. La Figura 11 muestra como se combinan ambos índices para obtener el respectivo índice de deterioro superficial o daño.

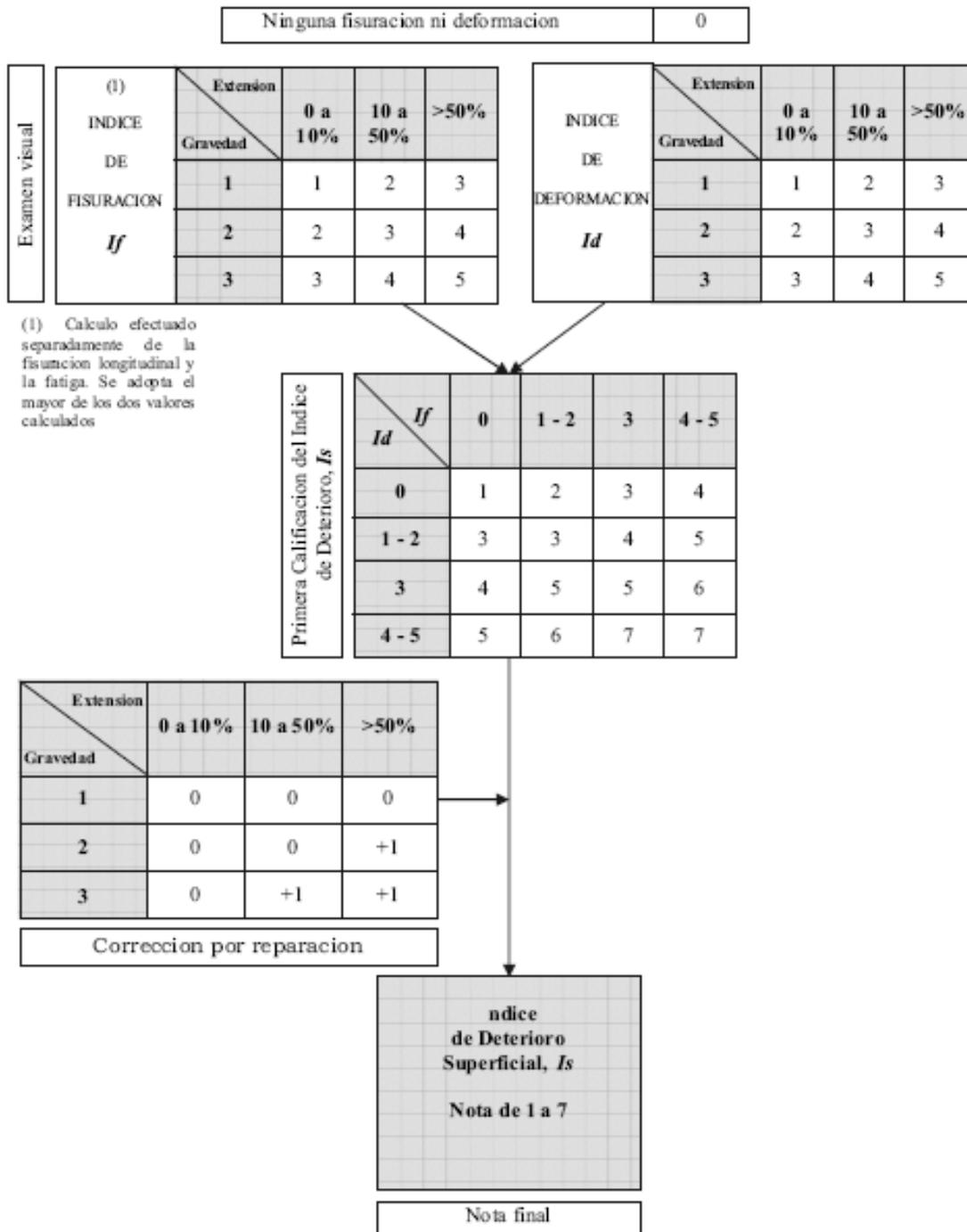


Figura 11. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR (Fuente: VIZIR, técnicas y métodos).

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el índice de daño en la RVC de Belén, los resultados fueron obtenidos por los estudiantes de Taller de Diseño.

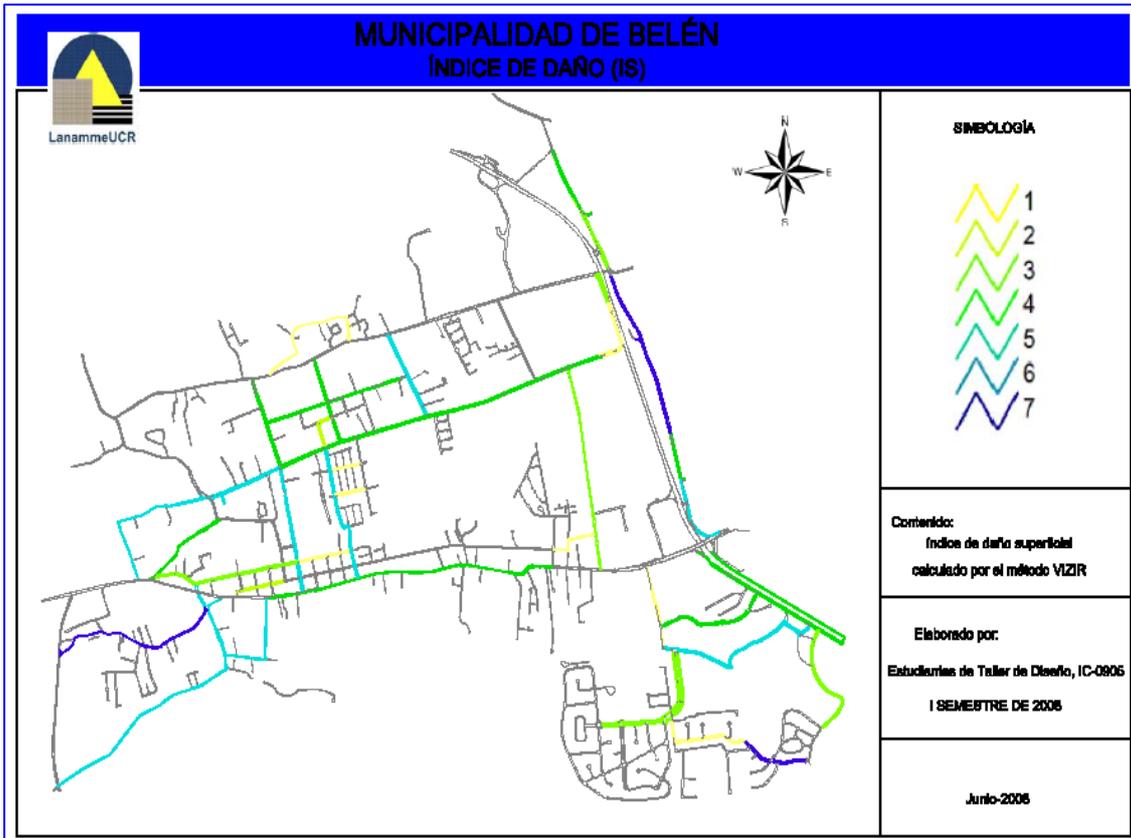


Figura 12. Índice de Daño de la RVC de Belén (Fuente: Estudiantes, Taller de Diseño).

3.2.3.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es utilizado en muchos países como parámetro de aceptación de obras así como para la gestión de pavimentos. Este índice está relacionado con los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la regularidad de un camino en un auto de pasajeros típico, 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 representa en la Figura 13.

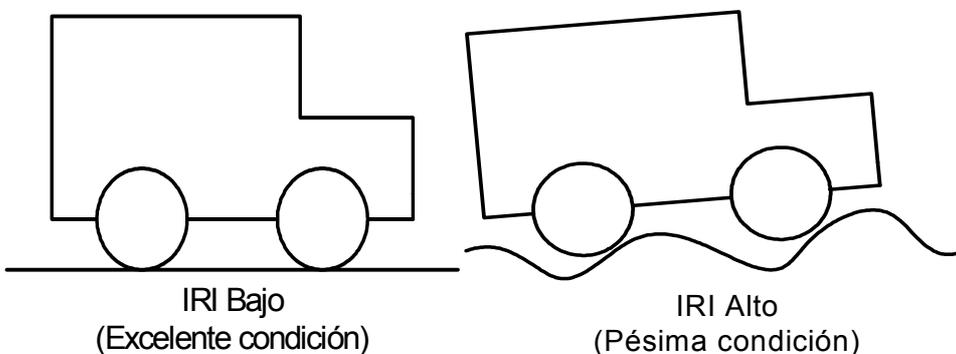


Figura 13. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial (Fuente: LanammeUCR, 2008).

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino. Para ser precisos se debe especificar cada qué longitud se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios.

El equipo utilizado para la medición del IRI es del tipo perfilómetro inercial. Estos son equipos de alto rendimiento que producen 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 con que cuenta el LanammeUCR mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte de adelante del vehículo. A continuación se muestra un esquema del funcionamiento del equipo y una imagen del equipo.



Figura 14. Perfilómetro Inercial Láser (Fuente: LanammeUCR, 2008).

El IRI se midió en toda la RVC de Belén a cada 400 metros, esta evaluación se realizó con el perfilómetro láser del LanammeUCR, y se hizo en setiembre y octubre del 2006, cada 400 metros. Estos datos se van a actualizar próximamente (principios 2009) con mediciones tomadas cada 50 metros.

Los valores de IRI, en general se consideran buenos cuando son menos de 3.0 y malos cuando son más de 5.0. Los tramos donde se midió el IRI en el 2006 se presentan en la Figura 15, en la Figura 16 se presentan los datos obtenidos para la evaluación del IRI, con su respectiva clasificación, para el mismo año.

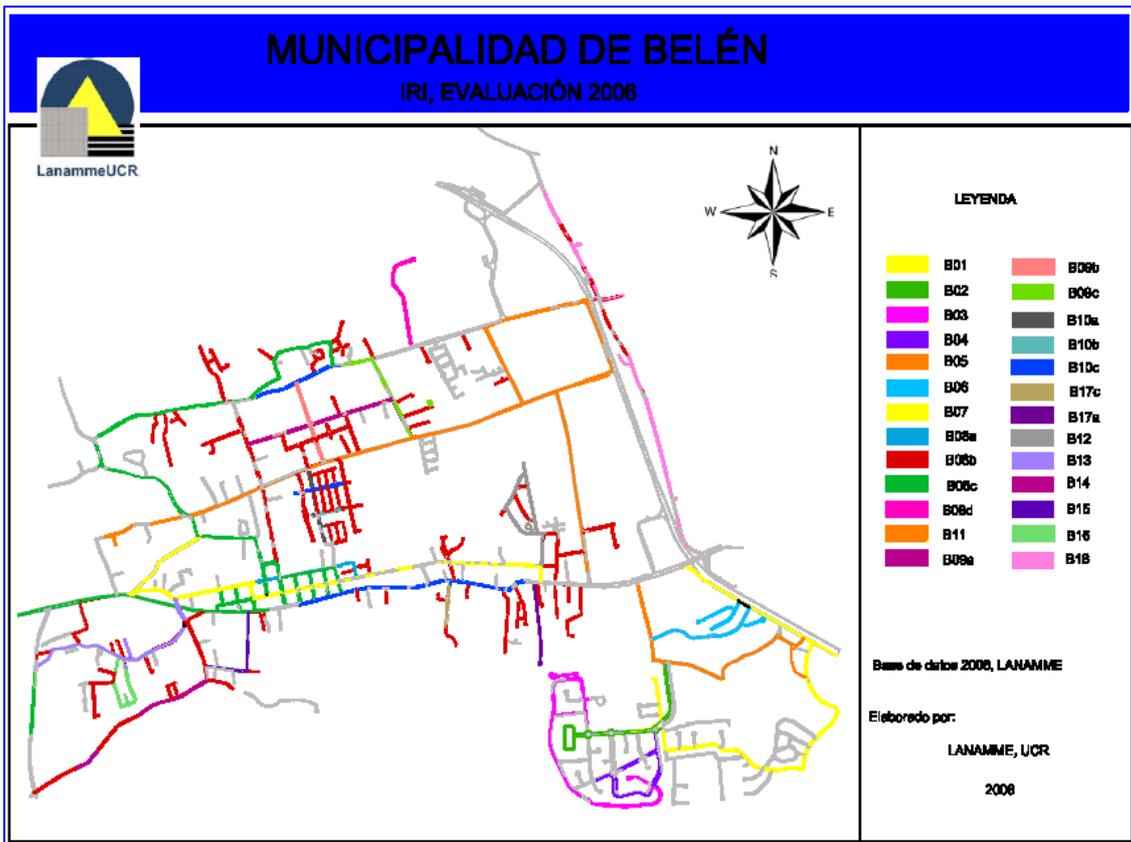


Figura 15. Tramos de evaluación de IRI, 2006 (Fuente: LanammeUCR, 2008).

Indice de Irregularidad Internacional

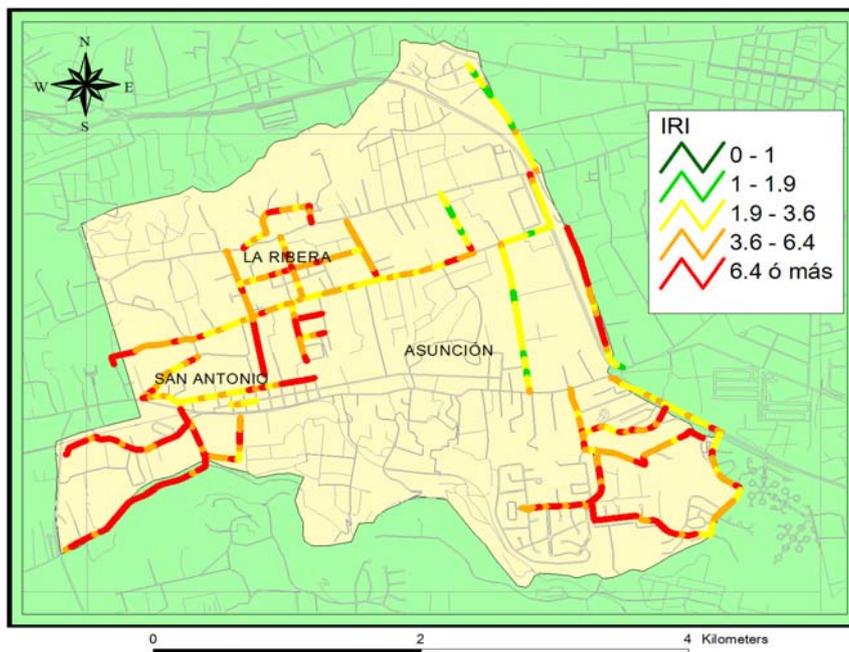


Figura 16. Clasificación por IRI, 2006 (Fuente: Estudiantes, Taller de Diseño).

3.2.3.3. Drenajes

El agua no drenada altera las propiedades de los materiales en las calles y facilita su rápida deformación y destrucción: hace perder resistencia a las bases y suelos, además desestabiliza los terraplenes y taludes.

El agua de lluvia, o de cualquier otra fuente, debe ser drenada rápidamente de la carretera; el sistema de drenaje garantiza más vida útil al camino o carretera. Costa Rica es un país sumamente lluvioso, por tanto, el factor drenaje es muy relevante.

Se recomienda que la UTGVB construya un catálogo fotográfico de toda la RVC cada 50 metros, que incluya la superficie de la vía de rodamiento e incluya un archivo fotográfico de los drenajes.

El objetivo sería contar con un catálogo de drenajes de la RVC, también poder determinar su evolución con el tiempo; así poder determinar su estado, deterioro y otros detalles importantes para poder asignar períodos de mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción, etc. El objetivo último es poder ligar estos procesos con los mismos respectivos para el pavimento y lograr economizar recursos.

3.2.4. Identificar condición estructural

En esta sección se mencionan los procedimientos necesarios para determinar la capacidad estructural de un pavimento. La misma está directamente relacionada con la respuesta ante las cargas a las que se ve expuesto. Menores deflexiones implican mayor capacidad del pavimento ante las cargas.

Estas mediciones se realizaron con el equipo deflectómetro de impacto (FWD, siglas en inglés), tomando mediciones cada 400 metros en el año 2006. El procedimiento consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones a nueve puntos, con diferentes distancias desde el punto donde se realizó el impacto. A continuación se muestra dos imágenes con el equipo de medición y los puntos donde se miden las deflexiones.

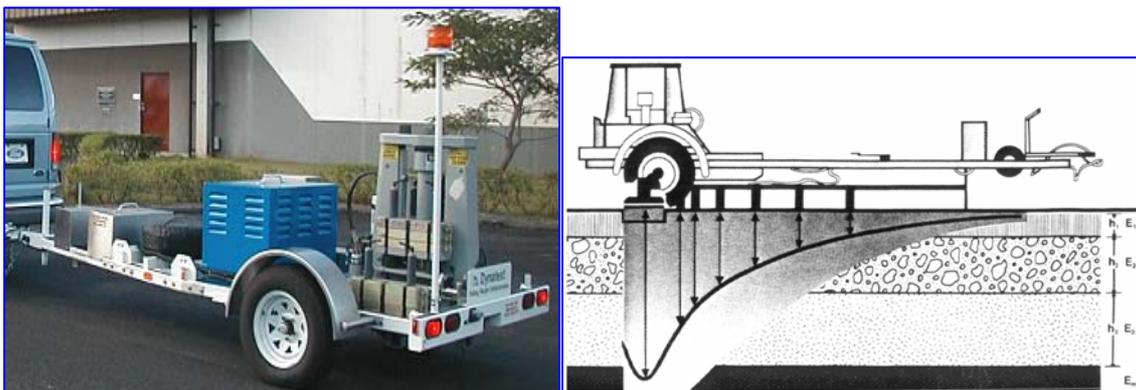


Figura 17. Equipo de deflectometría de impacto (Fuente: LanammeUCR, 2008).

En un estudio realizado por LanammeUCR (Mayo, 2008), se determinaron rangos para las diferentes deflexiones asociadas a distintos rangos de TPD. En la Figura 18 se presenta los rangos obtenidos para las vías costarricenses. Los casos particulares representan las rutas principales de la Red Vial Nacional (RVN).

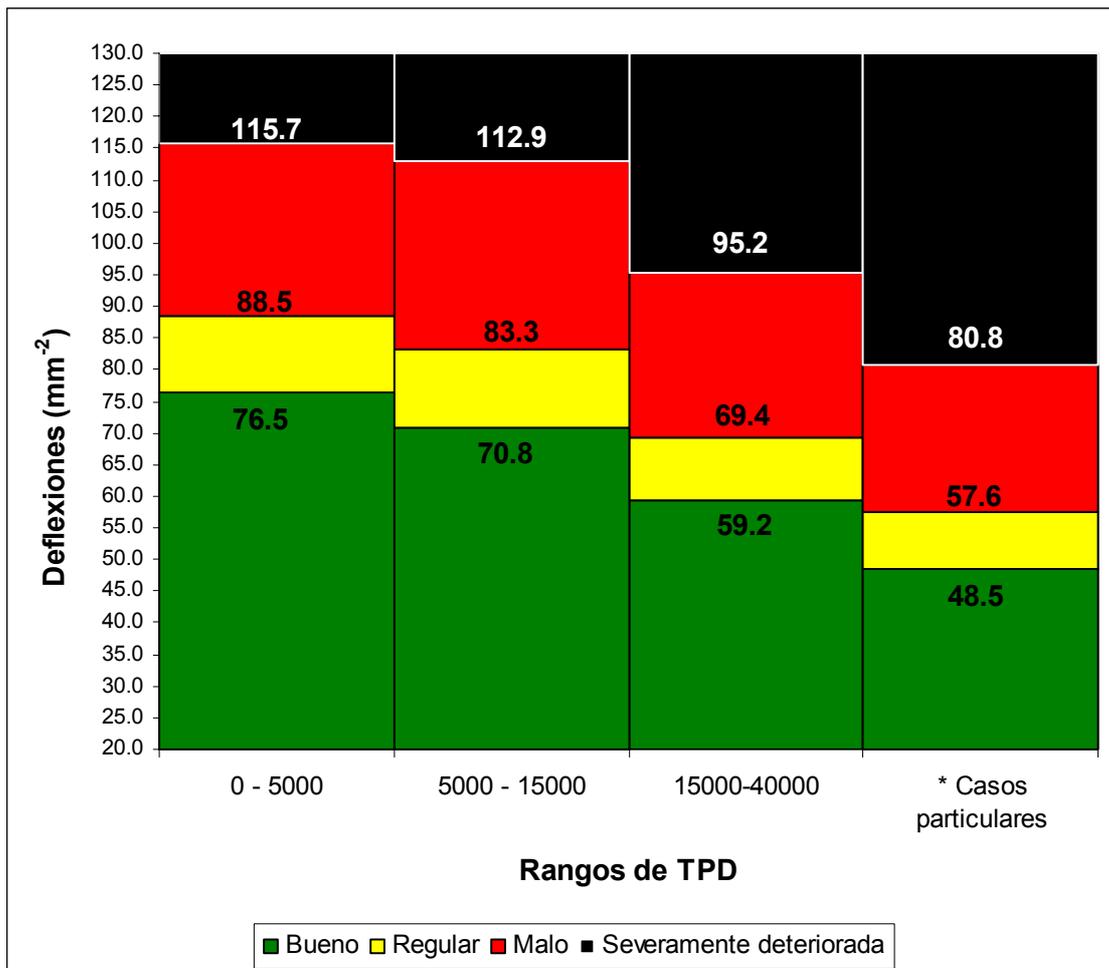


Figura 18. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD (Fuente: LanammeUCR, 2008).

Tomando en cuenta el tránsito promedio diario preliminar, y las deflexiones obtenidas para evaluación de deflectometría realizada en el año 2006, se obtiene un mapa de condición estructural del pavimento de la RVC de Belén, la Figura 19 representa éste mapa. El mapa será actualizado con la deflectometría del 2008, y los TPD ajustados con los factores de expansión. Se considerará los factores semanales de la red y los mensuales de vías nacionales obtenidos mediante estudios realizados por el LanammeUCR.

Para la deflectometría actualizada se tomaron datos cada 25 metros para rutas de travesía y vías primarias, y cada 50 metros para rutas secundarias y terciarias.

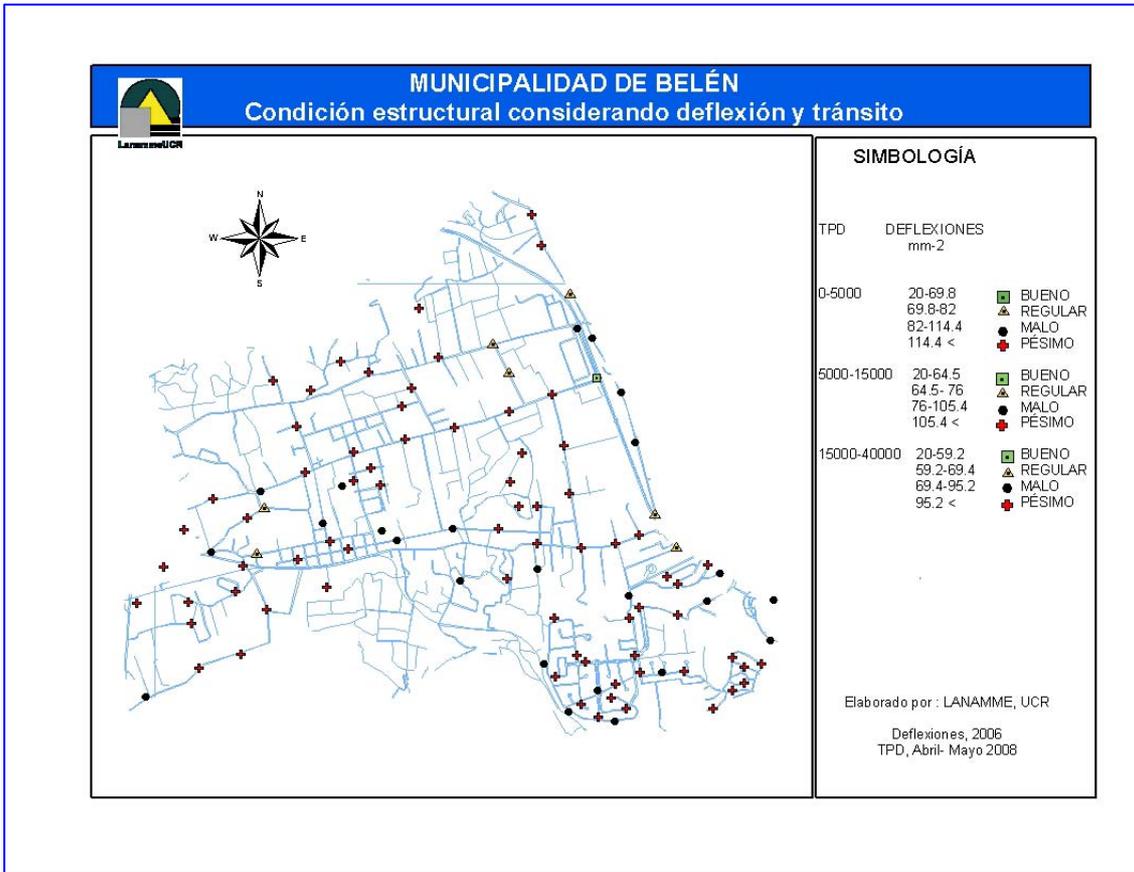


Figura 19. Condición de la RVC de Belén a partir de deflectometría (2006) y TPD (2008) (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.5. Caracterizar la estructura del pavimento

En esta sección se determina la estructura de los materiales que componen el pavimento. La Figura 20 contiene un ejemplo de un pavimento; en Costa Rica sin embargo frecuentemente no se cuenta con la capa grava bitumen (base estabilizada).

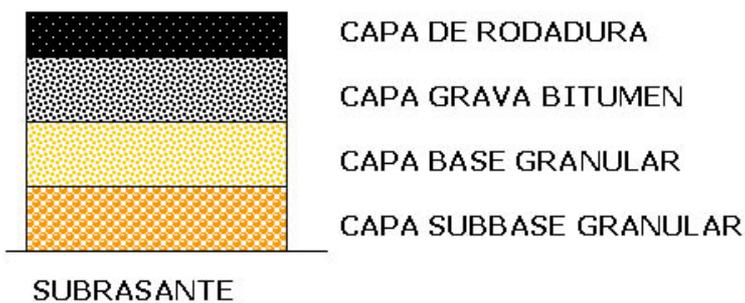


Figura 20. Ejemplo de estructura de pavimento. (Fuente: <http://members.fortunecity.es>)

La caracterización consiste en diversos ensayos de laboratorio y ensayos en campo. Se dividen en tres grupos:

1. Estructura del pavimento.
2. Caracterización del material del pavimento.
3. Clasificación de sub-rasante según CBR.

3.2.5.1. Estructura del pavimento

Se realizan excavaciones para determinar los espesores de las capas del pavimento:

- Carpeta
- Base
- Sub-base
- Sub-rasante

Las excavaciones se realizan en puntos estratégicos tomando en cuenta la clasificación, el TPD y también la experiencia de la UTGVB, considerando las vías principales de la RVC.

En la Figura 21, se adjunta el mapa con el perfil del pavimento en las rutas principales.

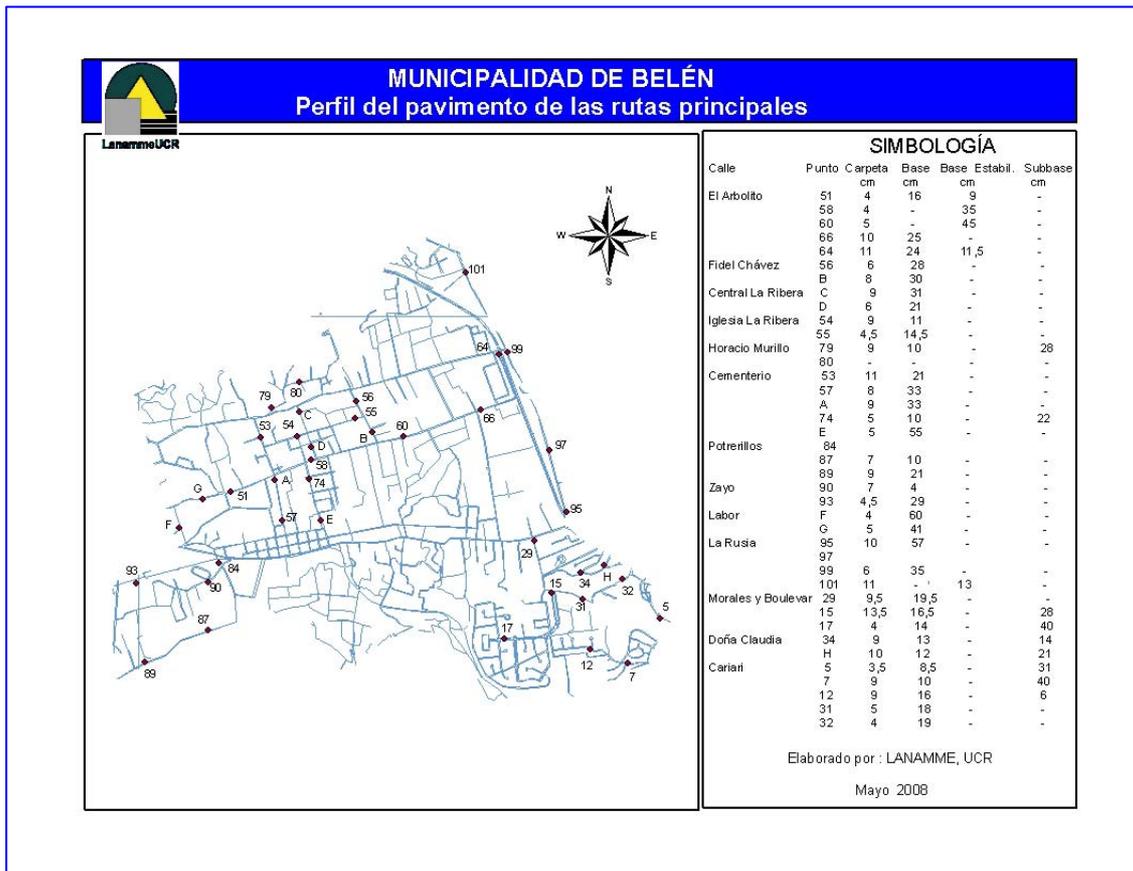


Figura 21. Perfil de pavimentos de las rutas principales de la RVC (Fuente: LanammeUCR, 2008).

En la Figura 22, se presenta un mapa resumen con los pavimentos divididos dependiendo del material de la estructura: base granular (BG), base estabilizada (BE), y mezcla bituminosa (MB); y sus espesores asociados.

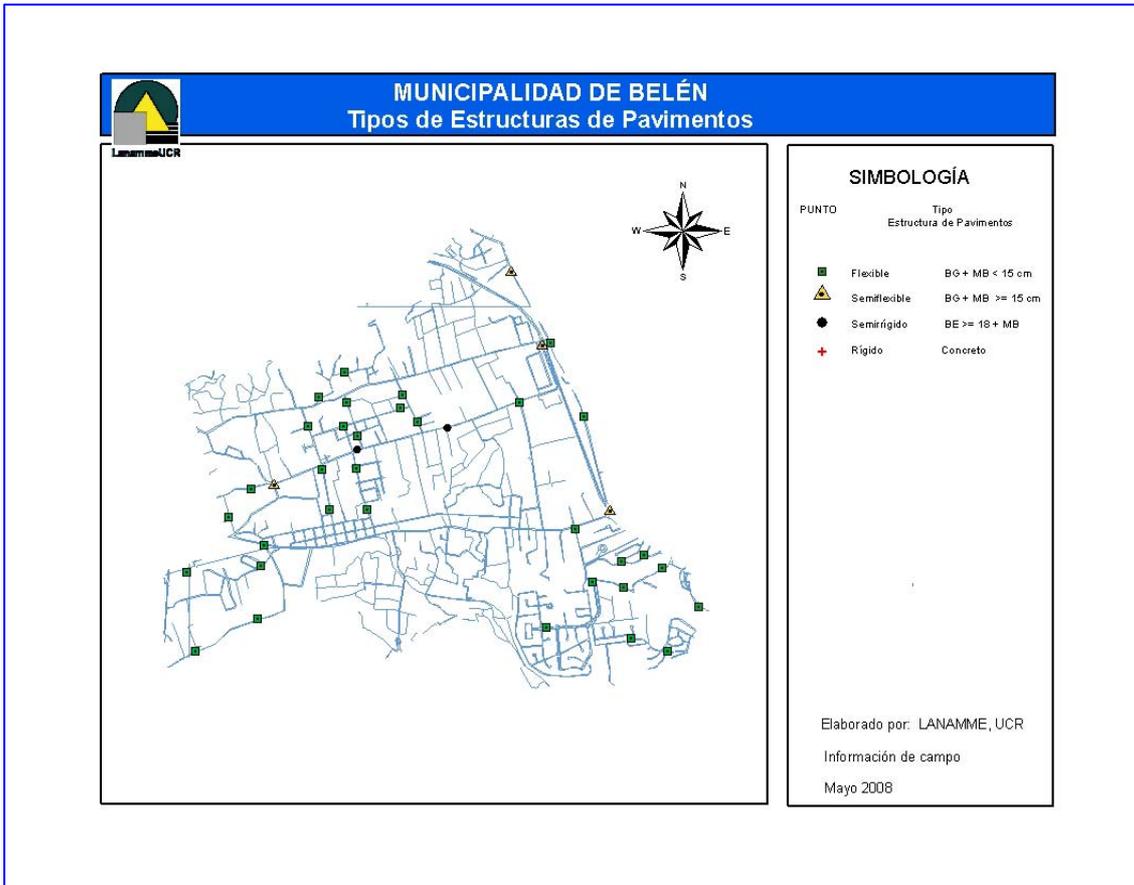


Figura 22. Tipo de estructura de las rutas principales de la RVC (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.5.2. Caracterización del material de las capas del pavimento.

En esta sección se realizan sondeos y ensayos de laboratorio para conocer las características de la estructura del pavimento, específicamente de los materiales que lo conforman. Se hacen diversas pruebas a los materiales que fueron excavados en los sondeos para determinar los perfiles del pavimento.

Entre las pruebas realizadas a los materiales de las capas inferiores, se pueden incluir:

- Granulometría
- Humedad
- Densidad
- Límites de Atterberg
- Permeabilidad
- Resistencia

El objetivo es conocer la estructura del pavimento con detalle, para poder tomar decisiones a futuro sobre las intervenciones específicas en los diferentes tramos de la Red Vial Cantonal. A continuación, se presenta un ejemplo de dos muestras de subrasante tomadas en la RVC de Belén.

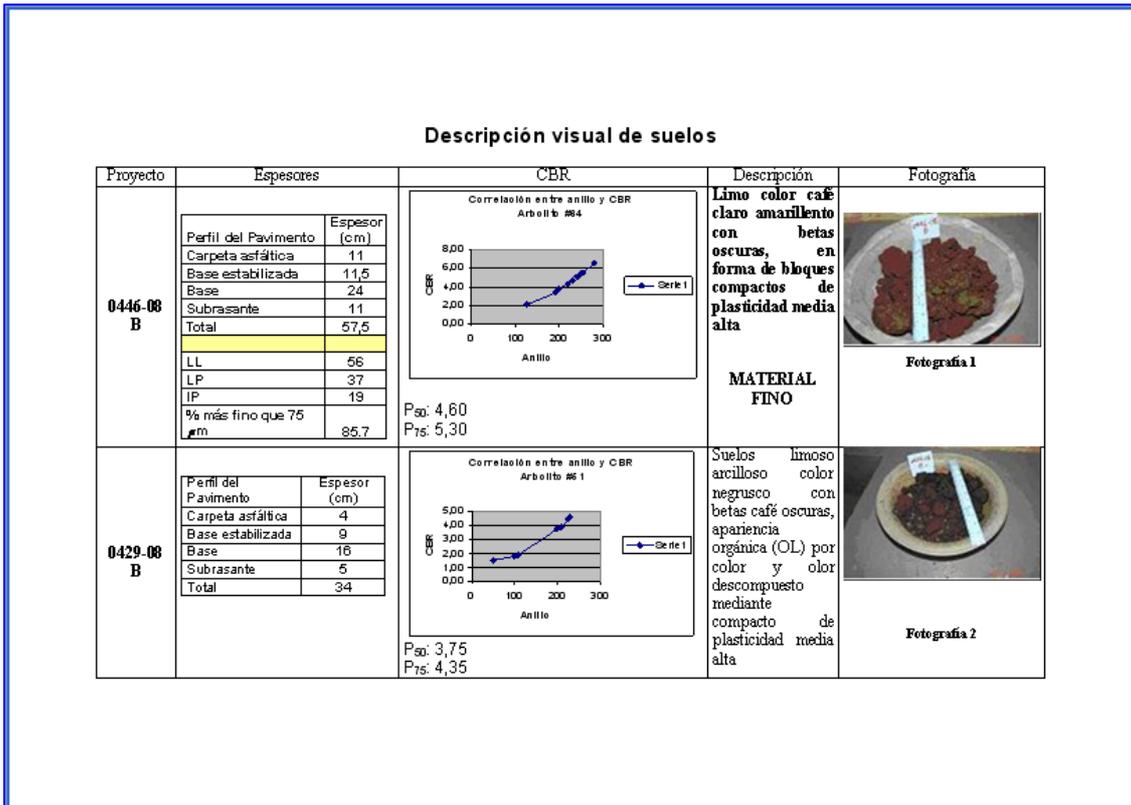


Figura 23. Descripción visual y caracterización de sub-rasante para dos muestras de la RVC de Belén (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.5.3. Clasificación de sub-rasante según CBR

En esta sección se analiza la RVC tomando en cuenta el valor de CBR obtenido en sitio, el mismo proporciona un índice de la resistencia de la capa de la sub-rasante para resistir carga. En la siguiente imagen se muestra la prueba realizada en sitio.



Figura 24. Prueba de CBR en sitio (Fuente: LanammeUCR, 2008).

A continuación se presentan los resultados obtenidos para CBR (Figura 25), y los sitios donde se realizaron los sondeos sobre la RVC (Figura 26).

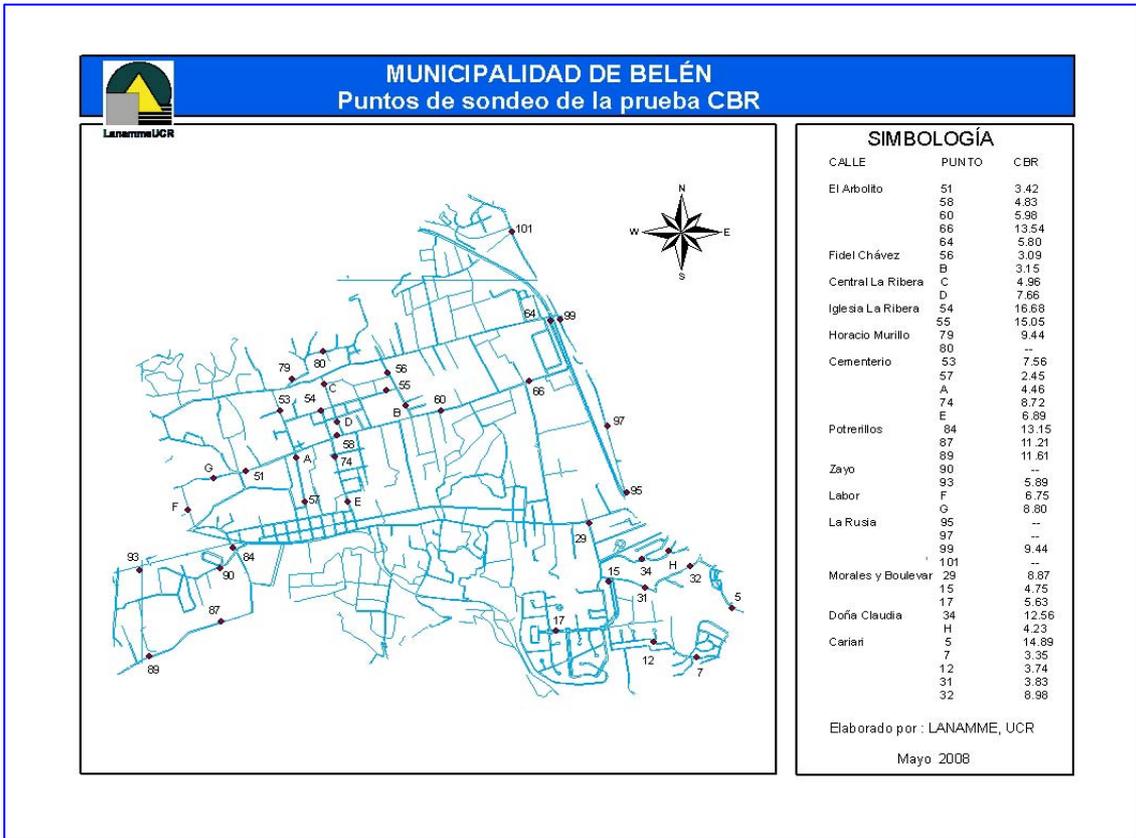


Figura 25. Resultados de CBR para la sub-rasante (Fuente: LanammeUCR, 2008).

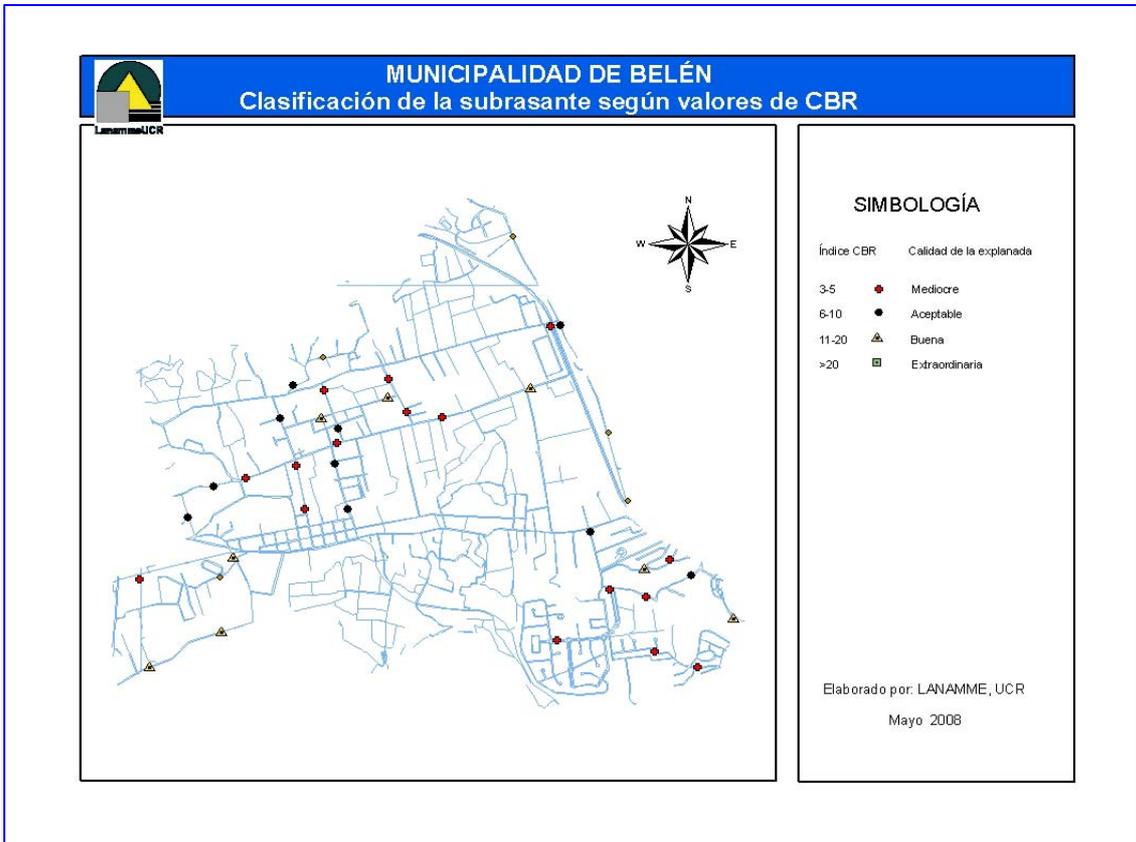


Figura 26. Clasificación de RVC según CBR de sub-rasante (Fuente: LanammeUCR, 2008).

3.2.6. Definir tramos homogéneos

Los tramos homogéneos se definirán tomando en cuenta diferentes características de la RVC. La definición de los tramos homogéneos se definirá una vez que se cuente con el diagnóstico completo. Los mismos no pueden ser menores de 100 metros; algunas de las variables a considerar son:

- Clasificación de la vía.
- Tipo de pavimento.
- Deflexiones.
- TPD.
- IRI.
- Deterioro superficial.

El producto final será un mapa de identificación de tramos homogéneos de la RVC, y las generalidades de cómo se determinan los respectivos tramos homogéneos.

4. Bibliografía

- **Gestión de Infraestructura Vial.** Solminihaq, Hernán. Editado por la Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría Académica. Primera Edición. Chile. Diciembre, 1998.
- **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.
- **Ley No. 8603:** Modificación de la ley de simplificación y eficiencia tributarias para asegurar el giro oportuno de los recursos aprobados en las leyes de presupuestos de la república destinados a garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense. La Gaceta 196, Octubre, 2007.
- <http://www.fortunecity.es/>, imagen obtenida de sitio web.