



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES
PROYECTO MUNICIPAL

**INFORME DE ASESORIA TECNICA A LA MUNICIPALIDAD DE UPALA
PARA LA CONSERVACION, REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE
CALLES URBANAS EN LA CIUDAD DE UPALA
LM-PI-PM-06-09**

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) 2511-4187

San José, Costa Rica
NOVIEMBRE 2009

1. Antecedentes:

La Municipalidad de Upala cuenta con un presupuesto de ¢ 250.000.000, destinado al mejoramiento, rehabilitación y conservación de calles urbanas en la ciudad de Upala. Con estos recursos se pretende rehabilitar y conservar 5,2 kilómetros de calles asfaltadas existentes, y mejorar (asfaltar) 3,7 kilómetros de calles en lastre.

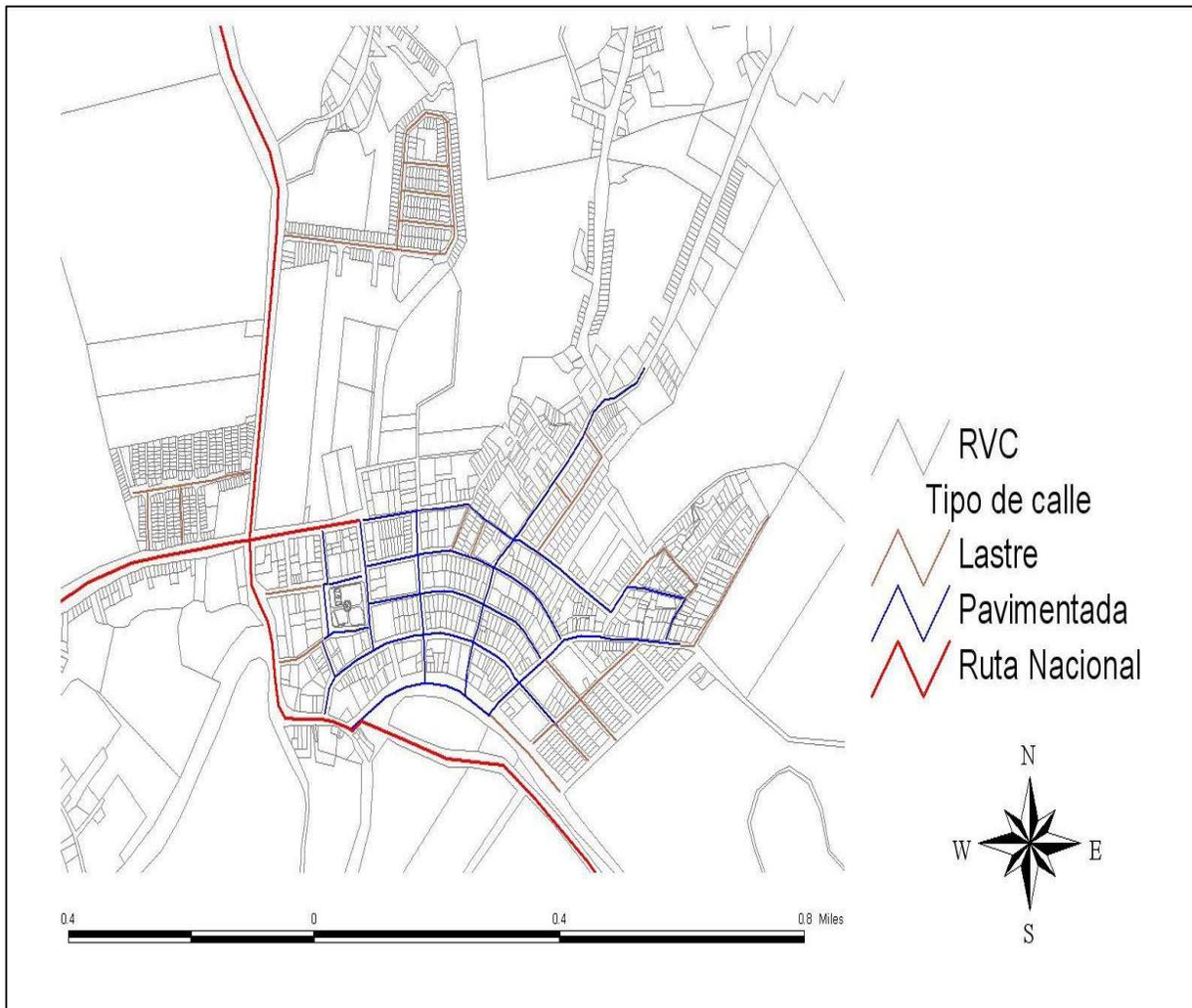
Con el propósito de realizar una evaluación de la condición actual de los pavimentos a intervenir, y definir los trabajos a ejecutar para su mejoramiento, rehabilitación y conservación; la Municipalidad de Upala solicitó el apoyo técnico del LanammeUCR.

En este informe se presentan los resultados de esta evaluación, y algunas recomendaciones técnicas para el diseño y ejecución de los trabajos programados.

2. Alcance:

Esta evaluación comprendió las calles asfaltadas y en lastre de la ciudad de Upala que se muestran en la figura 1.

Figura 1
Red Vial Cantonal Evaluada
Ciudad de Upala



3. Actividades de evaluación:

Para evaluar el funcionamiento y la condición de los pavimentos existentes, se realizaron las siguientes actividades:

- **Reconocimiento de las vías:** Con el propósito de conocer su condición y características actuales
- **Conteos de tránsito:** Con el propósito de conocer el volumen y tipo de tránsito actual de las vías, y proyectar su crecimiento.
- **Inventario de deterioros superficiales:** Con el propósito de conocer la condición superficial de las calles asfaltadas, e identificar las mejores alternativas para su rehabilitación y/o conservación.
- **Sondeos:** Con el propósito de caracterizar las estructuras existentes, y los materiales que las conforman
- **Ensayos de laboratorio:** Con el propósito de caracterizar los suelos que sirven de soporte a las estructuras de pavimento existentes.

4. Resultados:

A continuación se describen los resultados obtenidos en las actividades de evaluación:

4.1 Reconocimiento de las vías: Se realizó un recorrido por las vías a intervenir, destacándose los siguientes aspectos:

- **Calles asfaltadas:** Todas las estructuras corresponden a Tratamientos Superficiales, con anchos de calzada entre 8 y 10 metros; se observan dos condiciones bien diferenciadas: aproximadamente 1.3 kilómetros presentan un deterioro superficial severo, con muchos huecos (fotografías 1,2 y 3); y los restantes 3.9 kilómetros presentan una condición regular, con algunos huecos, grietas de bordes y desgastes (fotografías 4,5,6). Además se observó que las calles presentan muy poco bombeo.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6

También se observó que en la mayoría de las calles el agua permanece a las orillas y no llega hasta las cunetas, debido a existencia de un “lomo de tierra” producto de la falta de limpieza y conformación del espaldón (fotografías 7,8 y 9)



Foto 7



Foto 8



Foto 9

-Calles en lastre: La mayoría de calles cuentan con caño para la evacuación de aguas superficiales; con un ancho de calzada entre 8 y 10 metros, con una superficie de ruedo de grava de río bien consolidada, con pocos huecos; sin presencia de deformaciones. Los sectores en que se ubican estas calles, al igual que toda la ciudad de Upala, son totalmente planos, y con un alto nivel freático.



Foto 10



Foto 11

Urbanización Don Chu



Foto 12



Foto 13

Urbanización El Real



Foto 14

Barrio Las Palmas



Foto 15

Barrio Los Ángeles

4.2 Conteos de tránsito: Para diseñar el mejoramiento, rehabilitación y o conservación de una vía, es necesario conocer la cantidad y el tipo de vehículo que transitan por ella, y proyectar su crecimiento en el período para el cual será diseñada, en este caso 10 años.

El personal de la UTGV realizó conteos manuales de tránsito en 6 puntos diferentes de ingreso y salida de la ciudad de Upala, agrupando los vehículos conforme a las siguientes categorías.



Figura 2: Pick-up



Figura 3: Camión con eje simple trasero (C2+)



Figura 4: Camión con eje dual trasero (C2)

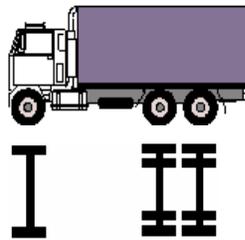


Figura 5: Camión con eje tandem trasero (C3)

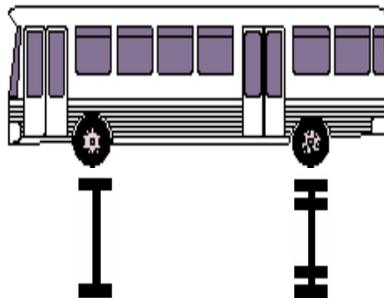


Figura 6: Bus con eje dual trasero (Bus-C2)

Los conteos se realizaron entre el 18 y el 21 de agosto de 2009, entre las 8.00 a.m y las 4:00 pm, en la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 1
Conteos vehiculares en la ciudad de Upala
De 8:00 a.m a 4:00 p.m

Tipo vehiculo	Frente Hotel Rosita	Cruz Roja	Súper Los Ángeles	Súper San Martín	Ruta Nacional 04	Taller Zanate
Liviano	323	650	385	500	1510	385
Pick-up	201	330	250	310	711	220
Bus	21	53	70	62	168	130
C2	42	24	75	67	241	50
C2+	10	56	45	28	184	35
C3	3				43	
C4		1			3	
T2		1			12	
T3				3	14	
Total	600	1115	825	970	2886	820

Dado que estos conteos solo abarcaron un período de 8 horas, fue necesario realizar una proyección del tránsito para la totalidad del día (Tránsito Promedio Diario); para ello se realizó una comparación con conteos de 24 horas realizados en otros lugares del país que tuvieran un comportamiento similar.

A partir de esta comparación, y de la observación del comportamiento del tránsito en la ciudad de Upala; se estima que en el período en el que se realizaron los conteos (8.00-4:00 p.m) se concentra el 75% del tránsito diario, por lo tanto los valores medidos deben ser incrementados en un 25% para proyectar el tránsito promedio diario; obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2
Proyección de TPD en la ciudad de Upala

Tipo vehiculo	Frente Hotel Rosita	Cruz Roja	Súper Los Ángeles	Súper San Martín	Ruta Nacional 04	Taller Zanate
Liviano	404	813	481	625	1888	481
Pick-up	251	413	313	388	889	275
Bus	26	66	88	78	210	163
C2	53	30	94	84	301	63
C2+	13	70	56	35	230	44
C3	4				54	
C4		1			4	
T2		1			15	
T3				4	18	
Total	750	1394	1031	970	3608	1025

Posteriormente se procedió a calcular los ejes equivalentes, que representan la cargas que pasan por las vía, según el volumen y tipo de vehículo que hace uso de ellas; con el propósito de diseñar pavimentos capaces de soportarlas, por un periodo de tiempo determinado.

El cálculo de ejes equivalentes se realizó empleando los datos de TPD proyectados (tabla 2), considerando un período de diseño de 10 años, y una tasa de crecimiento anual del tránsito del 3%; obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3 . Dado que los conteos de tránsito fueron realizados en los dos sentidos de circulación de los vehículos, la carga de diseño se estima en un 50%.

Tabla 3
Estimación de ejes equivalentes
RVC ciudad de Upala
Proyección 10 años con tasa crecimiento 3% anual

Tipo vehículo	Frente Hotel Rosita	Cruz Roja	Súper Los Ángeles	Súper San Martín	Ruta Nacional 04	Taller Zanate
Liviano	84	170	101	131	395	101
Pick-up	205.005	336.575	254.981	316.177	725.167	224.384
Bus	54.919	138.606	183.064	162.142	439.354	339.976
C2	109.838	62.765	196.140	175.218	630.263	130.760
C2+	26.152	146.451	117.684	73.226	481.197	91.532
C3	11.376	0	0	0	163.058	0
C4	0	3.792	0	0	11.376	0
T2	0	7.061	0	0	84.732	0
T3	0	0	0	21.183	98855	0
Total Ejes Equivalentes	407.375	695.420	751.970	748.077	2.634.396	786.752
Ejes Equivalentes de diseño	203.688	347.710	375.985	374.039	1.317.198	393.376

4.3 Inventario de deterioros superficiales: Se capacitó al personal de la UTGV para realizar el inventario de deterioros superficiales en las vías asfaltadas, empleando el método Vizir.

Este método consiste en identificar los deterioros superficiales de los pavimentos, haciendo referencia a su extensión y gravedad; clasificando los daños en dos categorías:

- Daños tipo A: Son daños asociados con la capacidad estructural del pavimento (capacidad para soportar cargas), a saber: deformación, ahuellamiento, fisuración y cuero de lagarto.
- Daños tipo B: Son daños asociados con la condición superficial de los pavimentos, a saber: huecos, baches y desprendimientos.

Después de realizar el inventario de los deterioros superficiales, se procede a calcular un Índice de Daño del pavimento, considerando tres grupos de daños: fisuración y cuero de lagarto, deformación y ahuellamiento, y las reparaciones realizadas al pavimento.

El Índice de Daño varía entre 1 y 7, y puede ser empleado como un indicador de los trabajos a ejecutar para rehabilitar o conservar un pavimento, conforme a los siguientes rangos:

- **Nota 1 o 2:** Poca o ninguna fisura o deformación, buen estado de la superficie, pudiendo demandar mantenimiento.

- **Nota 3 o 4:** Fisuras sin o con poca deformación o aún deformación no acompañada de fisura, estado medio o regular de la superficie suficientemente degradada para demandar trabajos de mantenimiento fuera de toda otra consideración.

- **Nota 5,6 o 7:** Fisuras y deformaciones en gran cantidad, pésimo estado de la superficie demandando grandes trabajos de mantenimiento o refuerzo.

Entre el 10 y el 18 de agosto de 2009, se realizó el inventario de deterioros superficiales en las calles asfaltadas de la ciudad de Upala, en la tabla 4 muestran los valores promedios del Índice de Daño de las calles estudiadas.

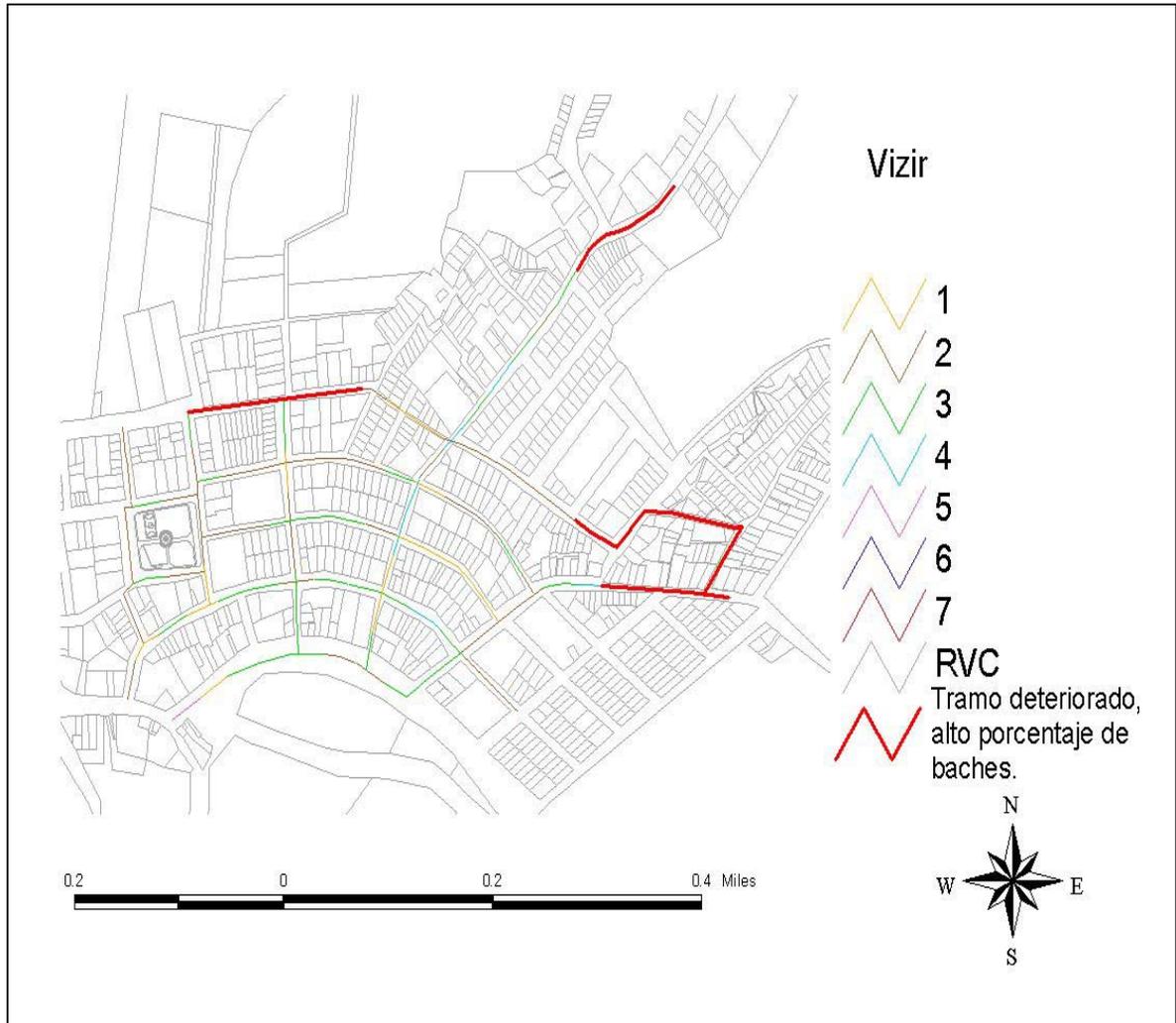
Tabla 4
Valor promedio del Índice de Daño (Método Vizir)
Calles asfaltadas ciudad de Upala

Ruta	Longitud (metros)	Índice de Daño
Calle 1: Del Puente río Zapote a edificio Bomberos	525	2.64
Calle 2 : De Súper San Martín al BNCR	705	2.40
Calle 3 : Del Parque a BNCR	400	2.00
Calle 4 : De Hotel Upala a Barrio Los Ángeles	656	1.93
Calle 5 : De Almacén El Colono a Barrio Los Ángeles	920	1.87
Calle 6 : De Foto Marín a Coopealianza	147	2.04
Avenida 1: De Ruta 04 a Agropecuaria Upala	247	2.00
Avenida 2: De Panadería Musmani a Almacén El Colono	233	1.93
Avenida 3 : De Bar Los Almendros a Clínica Barrantes	246	2.25
Avenida 4 : De Iglesia Católica al PCZN	700	2.53
Avenida 5 : De Edificio de Bomberos al Redondel	419	3.00

Como se indicó anteriormente, para calcular el Índice de Daño solo se toma en cuenta la fisuración y el cuero de lagarto, la deformación y el ahuellamiento, y una corrección por reparaciones; por tal motivo, en los casos de la Calle 5, y las Avenidas 4 y 5, el valor del Índice de Daño es bajo, pese a la existencia de tramos muy deteriorados, con muchos huecos.

En la figura 7 se muestra la calificación detallada del Índice de Daño para cada una de las vías estudiadas.

Figura 7
Índice de Daño
Calles asfaltadas ciudad de Upala



4.4 Sondeos: La capacidad de soporte y el funcionamiento de un pavimento está relacionada con las características de los materiales que los conforman (incluido el suelo), y sus espesores.

Se realizaron sondeos en puntos seleccionados al azar en las calles estudiadas, con el propósito de medir los espesores de las capas que conforman la estructura, y observar algunas de sus principales características; además de obtener muestras del suelo de fundación, para su caracterización mediante ensayos de laboratorio

En el caso de las calles en lastre, se realizaron 9 sondeos; 3 en Urbanización Don Chu, 3 en la Urbanización El Real, 2 en el Barrio Los Ángeles, y 1 en el Barrio Las Palmas. En todos los puntos se encontró un mismo tipo de estructura, conformada por el suelo de fundación, y un espesor variable de grava de río; tal y como se muestra en la figura 8

Figura 8
Estructura de pavimento típica
Calles en lastre
Ciudad de Upala



En la tabla 5 se muestra los espesores de la capa de grava de río encontrados en los diferentes puntos de sondeo:

Tabla 5
Espesor de capa de grava de río
Estructura de pavimento calles en lastre
Ciudad de Upala

Nº Sondeo	Calle	Espesor (cms)
1	Calle central Don Chu	37
2	Alameda 2 Don Chu	40
3	Alameda 1 Don Chu	38
4	Calle Central El Real	47
5	Calle lateral Este El Real	68
6	Calle lateral Oeste El Real	42
7	Calle central Las Palmas	45
8	Barrio Los Ángeles detrás BN	30
9	Barrio Los Ángeles por el redondel	27

En todos los sondeos se observó que la capa de grava de río se encuentra bien consolidada, con una granulometría variable, mucho sobre tamaño en algunos puntos, y mala compactación; en las fotos 16, 17, 18 y 19 se muestran algunos de los sondeos realizados



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19

En el caso de las calles asfaltadas, realizaron tres sondeos (frente al plantel municipal, barrio Los Ángeles y calle El Colono), encontrándose un mismo tipo de estructura, conformada por 30-35 centímetros de subbase de grava de río, 10 centímetros de base granular triturada, y un tratamiento superficial; como se muestra en la figura 9. Los materiales de base y subbase se observaron bien compactados. Se supone que esta misma estructura se mantiene en la mayoría de las calles asfaltadas, puesto que fueron construidas al mismo tiempo.

Figura 9
Estructura de pavimento típica
Calles asfaltadas
Ciudad de Upala



4.5 Caracterización de suelos: Para determinar la calidad de un suelo como cimiento, y componente de una estructura de pavimento, es necesario conocer dos características fundamentales: la granulometría y la plasticidad. A partir de estas características se puede clasificar el suelo, y deducir otras características importantes como el valor de soporte.

De las muestras de suelo extraídas en los sondeos realizados en la ciudad de Upala, se caracterizaron dos muestras representativas; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 6
Resultados de Análisis Granulométrico
Suelos representativos
Ciudad de Upala

Tamiz	Muestra 2202-09		Muestra 2203-09	
	% Más Finos	Diámetro (mm)	% Más Finos	Diámetro (mm)
3/8"	100.00	9.500	100.00	9.500
Nº 4	100.00	4.750	100.00	4.750
Nº 10	100.00	2.000	100.00	2.000
Nº 20	99.39	0.850	99.04	0.850
Nº 40	98.08	0.425	97.65	0.425
Nº 60	96.05	0.250	96.23	0.250
Nº 100	92.31	0.150	94.69	0.150
Nº 140	87.31	0.106	93.49	0.106
Nº 200	81.38	0.075	92.24	0.075
	63.81	0.029	79.49	0.028
	58.73	0.019	74.38	0.018
	53.58	0.011	69.27	0.011
	49.51	0.008	66.20	0.008
	45.45	0.006	61.09	0.005
	36.52	0.003	51.08	0.003
	27.45	0.001	42.02	0.001

Conforme a estos resultados, ambas muestras corresponden a suelos de partículas finas, pues más del 50% del material pasa la malla Nº 200.

Tabla 7
Resultados de Límites de Atterberg
Suelos representativos
Ciudad de Upala

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
2202-09	42	23	19
2203-09	67	35	32

Al combinar los valores del Índice de Plasticidad y el Límite Líquido en la Carta de Plasticidad, los suelos clasifican como **CL**, en el caso de la muestra 2202-09; y **MH** en

el caso de la muestra 2203-09. En la tabla 8 se describen las principales características de estos grupos de suelos como explanadas para pavimentos

Tabla 8
Características de suelos como explanadas para pavimentos
Suelos representativos
Ciudad de Upala

Grupo suelo	Denominación típica	Valor como explanada	Capacidad de drenaje	Valor CBR
CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	Malo a aceptable	Impermeable	≤ 15
MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos con mica o diatomeas, limos elásticos.	Malo	Aceptable a mala	≤ 10

Tomado del Manual de Pavimentos Asfálticos para Vías de Baja Intensidad de Tráfico, España

5. Conclusiones: Las principales conclusiones obtenidas a partir de este estudio fueron:

- Las calles de la ciudad de Upala corresponden a vías de bajo volumen de tránsito, con cargas estimadas para los próximos 10 años entre los 100,000 (calles en lastre), y los 450,000 (calles con TS) ejes equivalentes.
- Las calles con T.S en la ciudad de Upala presentan Índices de Deterioro entre 1 y 3 (Método Vizir); correspondiente a pavimentos en regular condición, sin problemas estructurales, que requieren de una pronta intervención de conservación para prolongar su vida útil.
- Algunos tramos de la calle 5 y la avenida 4 muestran un severo deterioro del pavimento, y deben ser reconstruidos.
- Los tratamientos superficiales existentes en la ciudad de Upala han mostrado un buen desempeño, lo que hace ver que este tipo de estructura de pavimento fue adecuada a las condiciones y el tránsito del lugar; sin embargo debido al crecimiento del tránsito, se debe reforzar algunos pavimentos.
- Los suelos existentes en la ciudad de Upala tienen poca capacidad de soporte y drenaje, siendo deficientes en su uso como explanada o subrasante para la construcción de pavimentos.
- Las calles en lastre no cuentan con una estructura base adecuada para construir T.S o colocar carpetas asfálticas directamente sobre ellas ; siendo necesario reforzarlas, y mejorar aspectos como la granulometría y la compactación de los materiales que actualmente las conforman.

- La ciudad de Upala presenta condiciones críticas de drenaje, debido a la alta precipitación, la topografía plana del lugar, y la existencia de zonas de inundación; lo cual hace necesario construir pavimentos sobre pedraplenes altos, bien drenados y con buen bombeo, de lo contrario los pavimentos se deterioran rápidamente, y su vida útil es corta.

6. Recomendaciones: A continuación se presentan algunas recomendaciones para mejorar, rehabilitar y conservar las calles asfaltadas y en lastre, estudiadas en la ciudad de Upala.

6.1 Calles con Tratamiento Superficial: En el caso de las calles con Índice de Daño entre 1 y 3, con una condición superficial regular, se recomienda realizar labores de conservación orientadas a prolongar la vida útil de las estructuras de pavimento existentes. Estas labores de conservación comprenden dos etapas:

- Acondicionar la superficie existente, saneando los puntos que presenten daños, como: huecos, grietas de borde, baches, piel de lagarto o deformaciones. Estas reparaciones deben ser realizadas empleando materiales y procedimientos adecuados.
- Construir un Tratamiento Superficial Doble (TS-2), con el propósito de impermeabilizar la estructura, y mejorar la superficie de ruedo. El TS-2 estaría conformada por dos riegos de liga, y la colocación de una capa de quintilla y otra de material de secado.

En el caso de las calles que presentan un deterioro superficial severo, con presencia de baches profundos (calle 5 y avenida 5); se recomienda reforzar la estructura de pavimento existente, ajustándola a la demanda de tránsito estimada para los próximos 10 años.

Para definir el refuerzo del pavimento, se empleó el “Catalogo de pavimentos asfálticos para rutas de bajo volumen”, elaborado con el apoyo del LanammeUCR. Este catálogo combina tres variables: ejes equivalentes de carga de tránsito, capacidad de soportante del suelo de fundación (CBR), y coeficiente de drenaje.

En este caso, los valores empleados para cada una de estas variables, fueron: ejes equivalentes de carga 450,000 ; CBR de 7; y coeficiente de drenaje entre 0.8 y 0.6. Para estos valores, el Catálogo recomienda construir la estructura de pavimento que se muestra en la figura 10

Figura 10
Refuerzo de estructura de de pavimento
Calles con TS
Ciudad de Upala

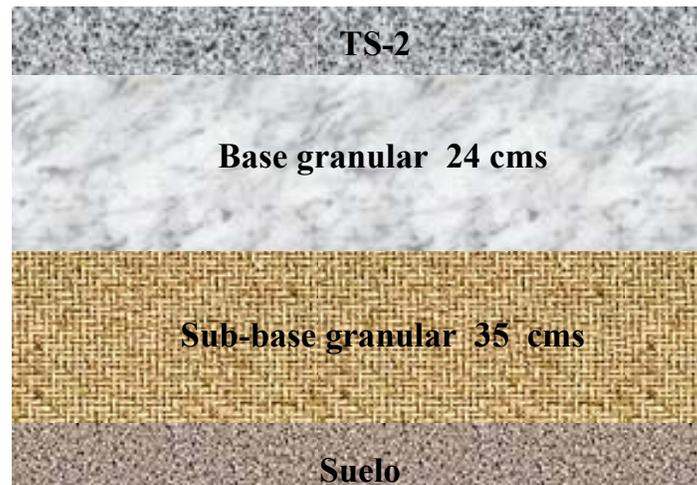


Las estructuras existentes cuentan con el espesor de sub-base recomendado; en el caso del material de base, se deben ajustar los espesores, pues actualmente solo cuenta con 10 centímetros. Por lo tanto, los trabajos de refuerzo de estas estructuras de pavimento comprenden:

- Escarificar y conformar la superficie de ruedo, retirando el tratamiento superficial existente. Es importante hacer notar que esta conformación debe incluir el espaldón, con el propósito de retirar el lomo de tierra existente que ocasiona problemas para la evacuación de aguas superficiales.
- Colocar 25 centímetros de base granular triturada, para ajustar el espesor de 35 centímetros; asegurar una buena compactación y bombeo. Este material debe cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el CR-2002.
- Construir un Tratamiento Superficial Doble (TS-2) conformado por un riego de imprimación, una capa de cuartilla, un riego de liga, una capa de quintilla, un riego de liga, y una capa de material secante.

6.2 Calles en lastre: Para definir los trabajos de mejoramiento de las calles en lastre, también se utilizó el “Catalogo de pavimentos asfálticos para rutas de bajo volumen”. En este caso, los valores empleados fueron: ejes equivalentes de carga 100,000 ; CBR de 7; y coeficiente de drenaje entre 0.8 y 0.6. Para estos valores, el Catálogo recomienda construir la estructura de pavimento que se muestra en la figura 11

Figura 11
Mejoramiento de calles
Opción Base granular
Ciudad de Upala



Las estructuras existentes cuentan con el espesor de su-base recomendado; sin embargo estos materiales presentan problemas de granulometría y compactación que deben mejorarse; en el caso del material de base, este debe ser aportado en su totalidad. Por lo tanto, los trabajos de mejoramiento de estas estructuras de pavimento comprenden:

- Remover (gavetear) el material de sub-base existente, retirando o triturando todas las partículas mayores 2.5 pulgadas. Evitar contaminar este material, para ser reutilizado.
- Colocar al menos 35 centímetros del material de sub-base seleccionado, asegurando una adecuada compactación.
- Colocar 24 centímetros de base granular triturada bien compactada, asegurando un buen bombeo. Este material debe cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el CR-2002.
- Construir un Tratamiento Superficial Doble (TS-2) conformado por un riego de imprimación, una capa de cuartilla, un riego de liga, una capa de quintilla, un riego de liga, y una capa de material secante.

7. Estimación de costos: Se realizó una estimación de costos, a partir de algunos datos obtenidos de trabajos similares realizados por otras municipalidades; los resultados se muestran en las tablas 9,10,11,12 y 13.

Dentro de los costos estimados, destaca la partida correspondiente al acarreo de materiales, que representa casi el 45% del costo total; pues no se cuenta en la ciudad de Upala con una planta de producción de agregados, y estos deben ser acarreados desde una distancia aproximada de 100 kilómetros.

En esta estimación no se considero el costo de la emulsión asfáltica, asumiendo que esta podría ser donada por RECOPE; tampoco se considero el costo de su traslado y almacenamiento, pues no se contaba con datos de referencia.

Tabla 9
Costo por kilómetro
Conservación de calles con Tratamiento Superficial
Ciudad de Upala

Actividad	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Total
Acondicionar superficie de ruedo existente	Sanear los puntos que presentan daños, y barrer la superficie de ruedo	6000	m ²	200	1.200.000,00
Suministro agregados TS 2	Compra de agregados graduación A y B requeridos.	138	m ³	8000	1.101.176,47
Suministro material secante	Compra de material secante requerido	21	m ³	8000	169.411,76
Acarreo de agregados	Acarreo de agregados en una distancia estimada de 100 kilómetros	15882	m ³ .km	175	2.779.411,76
Construcción TS 2	Realizar tres riegos de liga de emulsión asfáltica; distribuir y compactar dos capas de material de cubierta graduado, sobre la superficie conformada, así como el material secante	6000	m ²	1500	9.000.000,00
					14.250.000,00

Tabla 10
Costo por kilómetro
Reforzamiento de calles con Tratamiento Superficial
Ciudad de Upala

Actividad	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Total
Escarificar TS existente	Retirar el material asfáltico que conforma el TS existente; reconformar y compactar la calzada.	6000	m ²	200	1.200.000,00
Suministro de base granular	Compra de la base granular a emplear en el refuerzo del pavimento existente	1650	m ³	8000	13.200.000,00
Suministro agregados TS 2	Compra de agregados graduación A y B requeridos.	138	m ³	8000	1.101.176,47
Suministro material secante	Compra de material secante requerido	21	m ³	8000	169.411,76
Acarreo de agregados	Acarreo de agregados en una distancia estimada de 100 kilómetros	180882	m ³ .km	175	31.654.411,76
Colocar base granular	Colocar 25 centímetros de base granular compactada, con un bombeo del 3%.	1650	m ³	1200	1.980.000,00
Construcción TS 2	Realizar riego de imprimación y dos riegos de liga de emulsión asfáltica; distribuir y compactar dos capas de material de cubierta graduado, sobre la superficie conformada, así como el material secante	6000	m ²	1500	9.000.000,00
					58.305.000,00

Tabla 11
Costo por kilómetro
Construcción de Tratamiento Superficial
Calles en lastre
Ciudad de Upala

Actividad	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Total
Mejorar sub-base existente	Escarificar el lastre existente hasta una profundidad de 40 centímetros, y retirar o triturar todas las partículas mayores de 2.5 pulgadas (evitar que el material se contamine con el suelo). Compactar el suelo de fundación, y volver a colocar el lastre en capas de 15 centímetros bien compactadas, hasta ajustar un espesor de 35 centímetros	2310	m ³	1200	2.772.000,00
Suministro de base granular	Compra de la base granular a emplear en la construcción del pavimento	1584	m ³	8000	12.672.000,00
Suministro agregados TS 2	Compra de agregados graduación A y B requeridos.	138	m ³	8000	1.101.176,47
Suministro material secante	Compra de material secante requerido	21	m ³	8000	169.411,76
Acarreo de agregados	Acarreo de agregados en una distancia estimada de 100 kilómetros	174282	m ³ .km	175	30.499.411,76
Colocar base granular	Colocar 24 centímetros de base granular compactada, con un bombeo del 3%.	1584	m ³	1200	1.900.800,00
Construcción TS 2	Realizar riego de imprimación y dos riegos de liga de emulsión asfáltica; distribuir y compactar dos capas de material de cubierta graduado, sobre la superficie conformada, así como el material secante	6000	m ²	1500	9.000.000,00
					58.114.800,00

Tabla 12
Costo total por tipo de trabajo
Proyecto mejoramiento, rehabilitación y conservación
Calles urbanas
Ciudad de Upala

Tipo de trabajo	Kilómetros	Costo kilómetro /	Costo Total
1. Construcción de TS-2 en calles en lastre	3,7	58.114.800,00	215.024.760
2. Reforzamiento de calles con Tratamiento Superficial	1,3	58.305.000,00	75.796.500
3. Conservación de calles con Tratamiento Superficial	3,9	14.250.000,00	55.575.000
4. Imprevistos			34.639.626
Totales	8,9		381.035.886

Tabla 13
Costo total por actividades
Proyecto mejoramiento, rehabilitación y conservación
Calles urbanas
Ciudad de Upala

Actividades	Cantidad	Unidad	Costo total
Acondicionar superficie existente		Global	16.496.400
Suministro de base granular	8.006	m ³	64.046.400
Suministro de agregados TS-2	1.225	m ³	9.800.471
Suministro de material secante	188	m ³	1.507.765
Acarreo de agregados	941.933	m ³ .km	164.838.265
Colocar base granular	8.006	m ³	9.606.960
Construcción TS-2	53.400	m ²	80.100.000
Imprevistos			34.639.626
Totales			381.035.886

8. Bibliografía:

1. Autrey, Paul. Método Vizir . Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris, Francia. 1992.
2. Camacho Garita, Edgar. “Catálogo de pavimentos asfálticos para rutas de bajo volumen”. Tesis de graduación en Ingeniería Civil, UCR.2009.
3. Del val Melus,M. “Manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico”. Madrid, España.1991.

Anexos