



Costos de Carreteras en Costa Rica

Picado-Muñoz, Mauricio¹, Fonseca-Chaves, Francisco², Sequeira-Rojas, Wendy³, Loría-Salazar, Guillermo⁴

1. Asistente Unidad Auditoría Técnica
2. Ingeniero Auditor (Revisor)
3. Coordinadora Unidad Auditoría Técnica PITRA LANAMME UCR (Revisor)
4. Coordinador general PITRA LANAMME UCR (Revisor)



TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	4
2. REFERENCIAS	5
4. INTRODUCCIÓN	6
3. SUPUESTOS	7
4. METODOLOGÍA	8
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	8
6. CONCLUSIONES	19
7. ANEXOS	20

PALABRAS CLAVES

Costos, carreteras, estimación, sobrecostos, construcción

RESUMEN

Este documento tiene como objetivo proporcionar un marco de referencia que permita realizar una primera aproximación de los costos involucrados en proyectos de carreteras según su superficie de rodamiento, tipo de trabajo realizado, tipo de terreno y su ubicación. Además, se pretende analizar la variación del monto original del proyecto durante su desarrollo. Para ello, se tomó como base de datos 59 proyectos recopilados de la base de datos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR y de los carteles de Licitación Pública Nacional 2009 LN-000003-CV y 2014 BI-000028-32703. Estos datos se compararon con datos internacionales recopilados del estudio Road Cost Knowledge System del Banco Mundial para tener un punto de vista de la realidad de Costa Rica en comparación con el resto del mundo. Los resultados de este estudio se obtuvieron en dólares por kilómetro de carretera y en dólares por metro cuadrado de carretera.

KEYWORDS

Costs, roads, estimation, overestimating cost, construction

ABSTRACT

The approach of this paper is to provide a framework that allows making initial estimation of the costs involved in roads projects depending on its surface, work type, terrain and the project's location. In addition, the paper pretends to analyze the cost escalation during the project's development. The study collected 59 projects that were compared to international data collected from National Bank's study Road Cost Knowledge System in order to compare the reality of Costa Rica to the rest of the world. The results of this study are in dollars per kilometer and dollars per road square meter.

REFERENCIAS

1. Asmar, M., Hanna, A., & Whited, G. (2011). New Approach to Developing Conceptual Cost Estimates for highway Projects. *Journal of construction engineering and management*, 942-949.
2. Asociación de Productores de Cemento. (2009). Ventajas Comparativas entre Pavimentos de Concreto y Pavimentos de Asfalto. Recuperado el 13 de enero de 2016, de ASOCEM: <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto>
3. Banco Mundial. (2006). Road Cost Knowledge System. Recuperado el 24 de Noviembre de 2015, de The World Bank: http://www.worldbank.org/transport/roads/rd_tools/rocks_main.htm
4. Consejo Nacional de Vialidad. (2009). Licitación Pública Nacional 2009 LN-000003-CV. Proyectos de Conservación Vial Red Vial Pavimentada.
5. Dirección de Proveeduría Institucional del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2014). Licitación Pública Nacional 2014 BI-000028-32703.
6. Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2015). Inventario de la Red Vial Nacional. San José.
7. Flyvbjerg, B., Holm, M., & Buhl, S. (2002). Underestimating Costs in Public Works Projects Error or Lie? *APA Journal*, 279-295.
8. La Gaceta. (30 de abril de 1998). Ley 7798 Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI). La Gaceta No. 103.
9. Unidad de Auditoría Técnica LANAMME UCR. (2015). Base de Datos Costo de Carreteras. San José: UCR.
10. Villalobos, D. R. (2015). Informe para el Mantenimiento y Reparación de Losas de la Ruta Nacional N°10 Sección de Control N°30061. Cartago: CACISA.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es proporcionar un marco de referencia que permita realizar una primera aproximación de los costos involucrados en proyectos de carreteras, ya que hoy en día en el país y a nivel mundial se cuenta con muy pocos estudios de cómo varía el costo de una obra vial según las condiciones en que esta se encuentra.

Para estimar el costo de un proyecto de obra civil es de suma importancia determinar el alcance y las restricciones que caracterizan al proyecto. Además, contar con una base de datos actualizada que involucre variables como tiempo, precios, rendimientos y recursos disponibles, permite estimar con mayor precisión el costo de la obra y los aspectos de mayor sensibilidad en la variación del mismo.

Los proyectos de infraestructura vial no difieren de dichas características, es por esto que existe una necesidad de contar con herramientas, técnicas y bases de datos actualizadas. Por ejemplo, para estimaciones más precisas, es importante contar con los planos constructivos, precios actualizados y estudios básicos (topográfico, ambientales, entre otros). Sin embargo, para estimaciones iniciales se puede utilizar el juicio de expertos y costos de proyectos similares, que permitan obtener una estimación global de los costos finales.

Es de suma importancia realizar una estimación precisa con el objetivo de no generar sobrecostos, pérdida de confianza y dificultades a la hora de obtener futuros proyectos. Casos como estimaciones altas pueden ocasionar que no se cuenten con los recursos necesarios para iniciar un proyecto y en algunas ocasiones puede impedir la realización de éste. De allí la importancia de utilizar este estudio únicamente como una referencia y no como una estimación final de los costos de los proyectos de infraestructura vial.

Contar con una base de datos sobre los costos de un proyecto de carreteras resulta de mucha utilidad porque permite comparar entre las diferentes alternativas del proyecto, analizar la factibilidad económica de este, planificar las formas de financiamiento y reducir los riesgos de sobrecosto. Además, permite un mejor control sobre las variaciones del costo del proyecto en el tiempo. En esta base de datos se debe diferenciar las diversas condiciones de un proyecto, tales como: la región donde se realiza el proyecto, el tipo de trabajo a realizar, el tipo de terreno, entre otros.

En este estudio se pretende determinar el costo de los diferentes tipos de trabajos realizados en las carreteras de nuestro país según su superficie de rodamiento. También se analiza el efecto del tipo de terreno y de la ubicación del proyecto en el costo de este. Finalmente, se pretende brindar un punto de vista de la realidad nacional en cuanto a la variación del monto ofertado durante el desarrollo del proyecto.

SUPUESTOS

- Se tomó como base de datos 59 proyectos recopilados de la base de datos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR y de los carteles de Licitación Pública Nacional 2009 LN-000003-CV y 2014 BI-000028-32703. Estos datos son objetivos y no buscan afectar la credibilidad de los mismos. La descripción de los proyectos incluidos en esta base de datos se presentan en los anexos A, B y C.
- Los datos internacionales recopilados provienen del estudio Road Cost Knowledge System (ROCKS) del Banco Mundial (2006). Se seleccionaron los parámetros del estudio ROCKS que más se asemejan a las características de los proyectos de nuestro país.
- Se utilizó el inventario de la Red Vial Nacional de la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Actualizado en agosto de 2015) para caracterizar los proyectos en estudio.
- Para este estudio se define el tipo de trabajo según el cartel de licitación del proyecto respectivo. Según la Ley 7798, Ley Creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), el tipo de trabajo se clasifica en:
 - Construcción: “Todas las obras viales que se incorporen a la red nacional existente”.
 - Mantenimiento: Para el CONAVI existen dos tipos de mantenimiento: el rutinario y el periódico. El mantenimiento rutinario corresponde al: “Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías[.]”. Por su parte, el mantenimiento periódico es: “Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente[.]”.
 - Mejoramiento: “Mejoras o modificaciones de estándar horizontal o vertical de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También se incluyen dentro de esta categoría, la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie (“upgrade”) de tierra a lastre o de lastre a asfalto, entre otros, y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones”.
 - Rehabilitación: “Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente, con el objeto de restablecer la solidez estructural y la calidad de ruedo originales. Además, por una sola vez en cada caso, podrá incluir la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores [.]”.
 - Reconstrucción: “Renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento o las estructuras de puente”.
- El ancho de la superficie corresponde al ancho promedio de la calzada del proyecto, sin incluir la isla central o cualquier otro tipo de separación.

- El tipo de terreno se clasifica según su pendiente en:
 - Llano: pendientes menores a 5%
 - Ondulado: pendientes entre 6 y 15%
 - Montañoso: pendientes mayores a 15%
- Se considera como proyecto urbano todo aquel que se encuentre dentro de la gran área metropolitana. En caso contrario, el proyecto se considera como una carretera rural.
- Como referencia se utilizó el promedio de los datos para cada categoría de estudio.
- Todos los costos se convirtieron en dólares estadounidenses al tipo de cambio de la fecha de licitación para permitir comparar los costos nacionales con los costos de referencia del estudio ROCKS.
- Los montos de los proyectos en estudio incluyen los costos de pavimentación, señalización, drenajes y estructuras mayores. No se incluyen los costos de adquisición de tierras ni los costos de diseño.
- No se consideraron dentro de las variables analizadas los espesores de las capas y subcapas de la estructura de pavimento.
- Los valores finales en algunas categorías pueden no ser representativos pues el número de proyectos por clasificación es reducido.

METODOLOGÍA

Se clasificaron los proyectos según su tipo de superficie de ruedo y el tipo de trabajo realizado. Una vez realizada la clasificación, se calculó el monto por kilómetro de carretera y el monto por área (monto por m² de carretera).

Seguidamente, se calculó el percentil 85 y el percentil 15 para cada categoría y se procedió a descartar del estudio aquellos proyectos cuyos montos se encontraba por fuera de estos límites. Este proceso se realizó únicamente cuando el número de proyectos por categoría superó las cinco muestras.

Finalmente, se resumen los resultados obtenidos en cuadros y gráficos, los cuales muestran los valores mínimo, promedio, valor esperado y máximo por categoría.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Costo del proyecto según su tipo de superficie de ruedo: Pavimentos Asfálticos versus Pavimentos de Concreto

En el Cuadro 1 se muestra el valor promedio del monto por kilómetro de carretera y del monto por metro cuadrado de carretera para cada categoría. Los resultados del Cuadro 1 indican que los costos de los trabajos realizados en concreto son considerablemente mayores a los realizados con mezcla asfáltica. Sin embargo, se debe considerar las características favorables del concreto como un mantenimiento de menor frecuencia, durabilidad, resistencia e indeformabilidad (Asociación de Productores de Cemento, 2009). Cabe destacar que los trabajos de mantenimiento presentados en este estudio fueron gestionados por la Unidad de Obras del CONAVI.

		Monto/km	Monto/Área (\$/m ²)	Número de Proyectos*
Construcción	Concreto	\$1.147.379,77	\$81,01	2
	Asfalto	\$716.206,81	\$69,92	4
Mejoramiento	Concreto	\$411.932,08	\$56,04	4
	Asfalto	\$191.264,15	\$28,74	18
Mant. Periódico	Concreto	\$181.368,01	\$12,42	1
	Asfalto	\$78.295,76	\$12,32	3
Reconstrucción	Concreto	\$668.860,04	\$53,08	3
	Asfalto	\$149.140,25	\$23,07	3
Rehabilitación	Concreto	-	-	-
	Asfalto	\$129.517,28	\$18,49	4

*Número de proyectos entre los percentiles 15 y 85

Cuadro 1. Monto promedio de los proyectos de carreteras en Costa Rica según el tipo de trabajo realizado y del tipo de superficie de ruedo.

Se puede notar que, contrario a lo esperado, el mantenimiento en superficies de concreto resulta más caro que en pavimentos flexibles. Esta diferencia se debe a que el proyecto de mantenimiento periódico de concreto analizado involucró un proceso de demolición y sustitución de algunas losas de concreto de un tramo muy deteriorado que aumentó considerablemente los costos del trabajo realizado. Si se considera únicamente el proceso de sellado de juntas en este proyecto, típico de un trabajo de mantenimiento en pavimentos de concreto, el monto por kilómetro de carretera pasa a ser de \$48.840,95 y el monto por metro cuadrado de carretera de \$3,35, lo cual es considerablemente menor al mantenimiento en pavimentos asfálticos. Por lo tanto, si llevamos a cabo un mantenimiento preventivo y no correctivo, los costos de mantenimiento del concreto respecto al pavimento asfáltico pueden ser considerablemente menores. Además, se debe tener en cuenta que este tipo de intervenciones se realizan con menor frecuencia en pavimentos de concreto y esto conlleva menores costos a largo plazo.

La realidad de Costa Rica en comparación con el resto del mundo

Con la intención de comparar la realidad nacional con la del resto del mundo, se elaboraron gráficos comparativos entre la información recopilada de nuestro país y los datos del estudio ROCKS (2006). En los gráficos se muestra el valor promedio de cada categoría.

- Construcción de pavimentos asfálticos

El monto promedio por kilómetro para los trabajos de construcción en pavimentos asfálticos en Costa Rica se encuentra por debajo del valor promedio mundial y latinoamericano (ver Figura 1). El valor promedio mundial es el doble del nacional, mientras que el valor para Latinoamérica es 1,3 veces mayor al nacional.

Construcción Pavimento Asfáltico Monto por Km

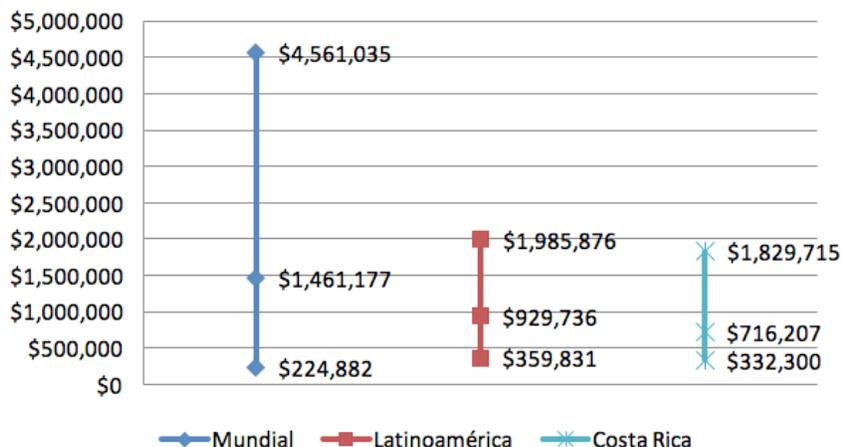


Figura 1. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de construcción de pavimentos asfálticos

- Mejoramiento de pavimentos asfálticos

Los trabajos de mejoramiento de pavimentos asfálticos en Costa Rica implican un monto promedio por kilómetro de carretera menor al valor mundial y al valor latinoamericano (ver Figura 2). El valor promedio mundial es 1,4 veces mayor al nacional, mientras que el valor para Latinoamérica es 2 veces mayor al nacional.

Mejoramiento Pavimento Asfáltico Monto por Km

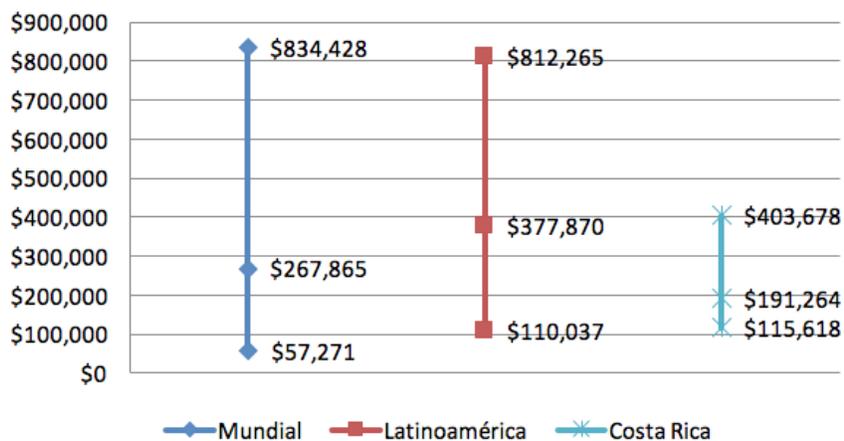


Figura 2. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de mejoramiento de pavimentos asfálticos

- Mantenimiento de pavimentos asfálticos

En el caso del monto promedio por kilómetro para los trabajos de mantenimiento de pavimentos asfálticos, Costa Rica se encuentra por encima del promedio mundial y latinoamericano (ver Figura 3). El valor promedio mundial es la mitad del promedio nacional, mientras que el valor para Latinoamérica corresponde a un 60% del valor nacional. Esto se debe a que los proyectos nacionales de mantenimiento de pavimentos asfálticos analizados incluyen, además de los trabajos de mantenimiento, trabajos de rehabilitación, contrario a los valores de referencia brindados por el Banco Mundial que incluyen únicamente trabajos de mantenimiento. Como se puede observar en el Cuadro 1, los trabajos de rehabilitación implican un mayor costo que los trabajos de mantenimiento, por lo cual era de esperar que el costo de los trabajos de mantenimiento a nivel nacional se encontrara por encima de los costos internacionales.

Cabe recalcar que si realizamos un mantenimiento preventivo y no correctivo, los costos de mantenimiento pueden ser considerablemente menores.



Figura 3. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de mantenimiento de pavimentos asfálticos

- Reconstrucción de pavimentos asfálticos

Por su parte, el monto promedio por kilómetro para los trabajos de reconstrucción en pavimentos asfálticos en Costa Rica se encuentra por debajo del valor medio mundial y latinoamericano (ver Figura 4). El valor promedio mundial es 1,6 veces mayor al nacional, mientras que el valor para Latinoamérica es 1,2 veces mayor al valor nacional.

Reconstrucción Pavimento Asfáltico Monto por Km

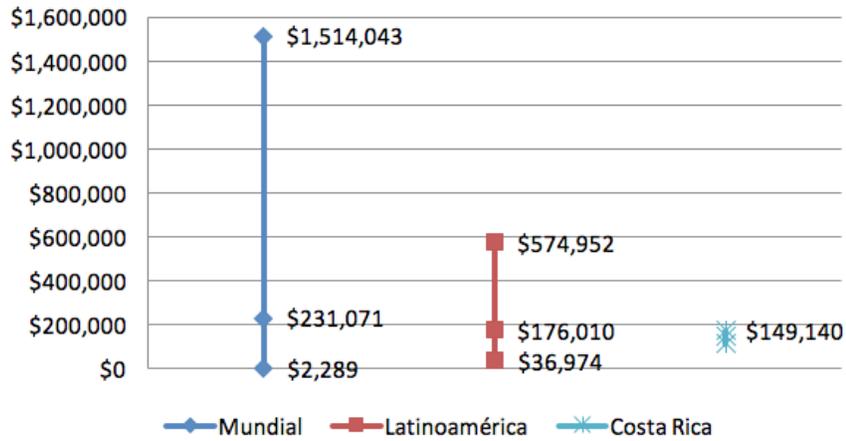


Figura 4. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de reconstrucción de pavimentos asfálticos

- Rehabilitación de pavimentos asfálticos

En cuanto a los trabajos de rehabilitación de pavimentos asfálticos en Costa Rica, el monto promedio por kilómetro se encuentra muy cercano al promedio mundial y latinoamericano (ver Figura 5). El valor promedio mundial es 1,07 veces mayor al valor nacional, mientras que el valor para Latinoamérica es 1,14 veces mayor al valor nacional.

Rehabilitación Pavimento Asfáltico Monto por Km

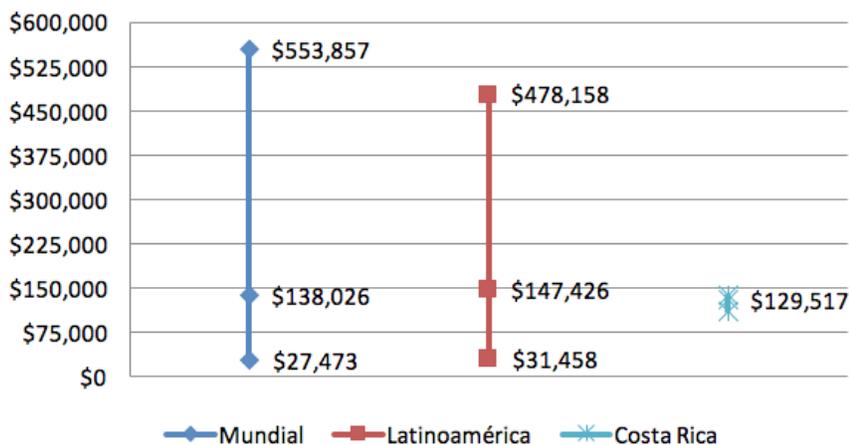


Figura 5. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de rehabilitación de pavimentos asfálticos

- Construcción de pavimentos de concreto

Por otra parte, los trabajos de construcción de pavimentos de concreto en Costa Rica tienen un monto promedio por kilómetro menor al promedio mundial (ver Figura 6). El valor promedio mundial es 1,2 veces mayor al valor nacional. Para esta categoría no se cuentan con valores de Latinoamérica.

Construcción Pavimento Concreto Monto por Km

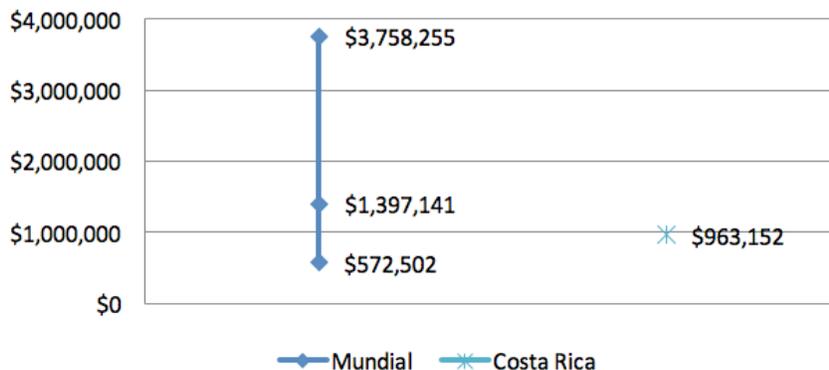


Figura 6. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de construcción de pavimentos de concreto

- Mejoramiento de pavimentos de concreto

El monto promedio por kilómetro para los trabajos de mejoramiento de pavimentos de concreto en Costa Rica se encuentra por encima del promedio mundial (ver Figura 7). El valor nacional es 1,3 veces mayor al valor mundial. Al igual que para construcción de pavimentos de concreto para esta categoría no se cuentan con valores de Latinoamérica.

Mejoramiento Pavimento Concreto Monto por Km



Figura 7. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de mejoramiento de pavimentos de concreto.

- Reconstrucción de pavimentos de concreto

De igual forma, los trabajos de reconstrucción de pavimentos de concreto en Costa Rica involucran un monto promedio por kilómetro que se encuentra por encima del promedio mundial, inclusive se encuentra muy cercano al máximo valor recopilado a nivel mundial (ver Figura 8). El valor nacional es 2,7 veces superior al promedio mundial y el doble de valor latinoamericano.

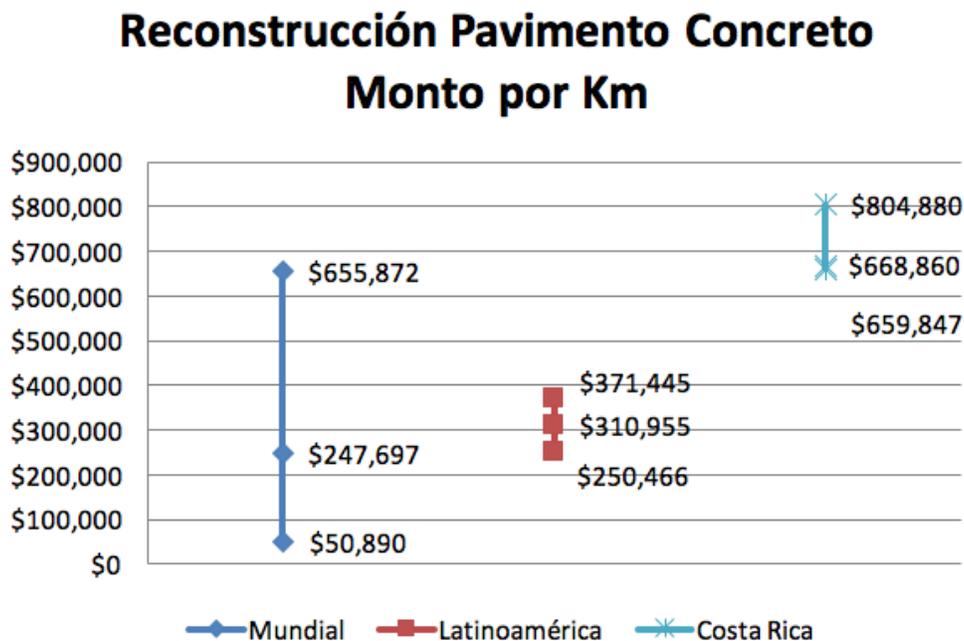


Figura 8. Gráfico comparativo del monto/km para proyectos de reconstrucción de pavimentos de concreto.

Es importante recalcar que se contó con muy pocos datos sobre trabajos en concreto, por lo tanto los resultados obtenidos pueden no ser representativos.

Costo del proyecto según el tipo de terreno

A parte del tipo de trabajo a realizar y del tipo de superficie de rueda, es importante analizar las condiciones geográficas del lugar donde se planea trazar la rasante de la carretera en el caso de construcción, por ello en el Cuadro 2 se busca estudiar el efecto del tipo de terreno en el costo del proyecto. Para ello, se clasificaron los proyectos en llano, ondulado y montañoso según el porcentaje de pendiente que prevalece en el proyecto.

En muchos casos, como es el caso de una construcción de una carretera nueva, es de esperar que el monto de cada categoría aumente conforme aumenta la pendiente promedio en el proyecto. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 2, este no fue el resultado obtenido ya que los proyectos de carreteras involucran una gran cantidad de variables como las condiciones geotécnicas del sitio y los espesores de las capas del pavimento que pueden variar los costos de los proyectos.

			Monto/km	Monto/Área (\$/m ²)	Número de Proyectos*
Construcción	Concreto	Llano	-	-	-
		Ondulado	\$963,152.36	\$70.82	1
		Montañoso	-	-	-
	Asfalto	Llano	\$843.901,31	\$79,16	3
		Ondulado	-	-	-
		Montañoso	\$2.273.744,14	\$171,48	3
Mejoramiento	Concreto	Llano	\$244.490,21	\$32,60	1
		Ondulado	\$101.929,45	\$16,99	1
		Montañoso	\$160.778,42	\$28,46	2
	Asfalto	Llano	\$190.256,25	\$21,74	4
		Ondulado	\$355.060,35	\$38,73	6
		Montañoso	\$180.103,44	\$28,39	6
Mantenimiento	Concreto	Llano	\$181.368,01	\$12,42	1
		Ondulado	-	-	-
		Montañoso	-	-	-
	Asfalto	Llano	\$78.295,76	\$12,32	3
		Ondulado	-	-	-
		Montañoso	-	-	-
Reconstrucción	Concreto	Llano	-	-	-
		Ondulado	\$711.195,69	\$56,44	3
		Montañoso	-	-	-
	Asfalto	Llano	\$295.611,42	\$41,61	2
		Ondulado	\$110.727,40	\$17,03	1
		Montañoso	\$143.099,74	\$23,71	2
Rehabilitación	Concreto	Llano	-	-	-
		Ondulado	-	-	-
		Montañoso	-	-	-
	Asfalto	Llano	\$122.787,80	\$17,85	2
		Ondulado	\$137.146,12	\$12,82	1
		Montañoso	\$155.493,56	\$23,36	3

* Número de proyectos entre los percentiles 15 y 85

Cuadro 2. Monto promedio de los proyectos de carreteras en Costa Rica según el tipo de trabajo realizado, el tipo de terreno y del tipo de superficie de ruedo.

Monto del proyecto según su ubicación: Rural versus Urbano

Otro aspecto a considerar es el efecto de la localización del proyecto en el costo de éste. Se categorizó como urbanos aquellos proyectos dentro de la gran área metropolitana y como rurales todos aquellos fuera de esta.

En el Cuadro 3 se muestra el valor promedio del monto por kilómetro y del monto por área para cada categoría. El número de datos en algunas categorías es muy reducido y no se cuenta con datos para cada tipo de trabajo en zona rural y en zona urbana de manera que se pueda realizar un análisis comparativo del efecto de la localización del proyecto en el costo de éste. Sin embargo, en trabajos como los de construcción y mejoramiento de pavimentos asfálticos es posible notar que aquellos trabajos realizados en zonas urbanas involucran un monto significativamente mayor a los realizados en zonas rurales. En contraparte, los trabajos de construcción de pavimentos rígidos en las zonas rurales de nuestro país parecen involucrar un mayor costo que en las zonas urbanas.

			Monto/km	Monto/Área (\$/m ²)	Número de Proyectos*
Construcción	Concreto	Rural	\$1.331.607,19	\$91,21	1
		Urbano	\$963.152,36	\$70,82	1
	Asfalto	Rural	\$292.827,15	\$37,15	4
		Urbano	\$2.616.926,92	\$209,35	2
Mejoramiento	Concreto	Rural	\$232.058,80	\$36,27	2
		Urbano	\$410.577,28	\$50,31	2
	Asfalto	Rural	\$161.408,05	\$25,10	13
		Urbano	\$893.588,91	\$82,97	5
Mantenimiento	Concreto	Rural	-	-	-
		Urbano	\$181.368,01	\$12,42	1
	Asfalto	Rural	\$78.295,76	\$12,32	3
		Urbano	-	-	-
Reconstrucción	Concreto	Rural	-	-	-
		Urbano	\$666.606,86	\$52,91	3
	Asfalto	Rural	\$149.140,25	\$23,07	3
		Urbano	-	-	-
Rehabilitación	Concreto	Rural	-	-	-
		Urbano	-	-	-
	Asfalto	Rural	\$129.517,28	\$18,49	4
		Urbano	-	-	-

* Número de proyectos entre los percentiles 15 y 85

Cuadro3. Monto promedio de los proyectos de carreteras en Costa Rica según el tipo de trabajo realizado, la región y del tipo de superficie de rueda.

Variación del monto original

Además de las variables involucradas en el costo de un proyecto, es importante analizar la variación del monto original del proyecto durante su desarrollo y sus causas.

Entre las posibles causas de esta variación del monto original están: el empleo de técnicas inadecuadas, falta de experiencia del presupuestista y una mala estimación de los materiales y plazos del proyecto. Si estas causas fueran ciertas, la variación del monto original debería disminuir con el paso de los años pues las técnicas de estimación mejoran y la experiencia del presupuestista aumenta.

En este estudio se utilizó la Ecuación 1 para medir el porcentaje de variación del monto original:

$$\%Variación = \frac{\text{Monto Final}}{\text{Monto Original}} \times 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Esta metodología para medir la variación del monto original tiene algunos detractores pues consideran que los proyectos cambian durante el desarrollo del proyecto y con ello también sus costos. Por ende, no se puede comparar los montos originales y finales del proyecto, pues al final de su periodo de construcción el proyecto ha cambiado y por consiguiente su costo no es igual al original. Sin embargo, esta metodología también permite detectar errores en la estimación de los costos y plazos del proyecto, lo cual es suficiente para las intenciones de este estudio, pues se pretende brindar un punto de vista de la realidad nacional y no se pretende obtener conclusiones sobre las causas de estas variaciones.

En la Figura 9 se muestra un histograma con la frecuencia de ocurrencia de un porcentaje de variación del monto original de los proyectos estudiados en esta base de datos. Para ello, se calculó el porcentaje de variación de cada proyecto y se cuantificó la cantidad de proyectos cuyo porcentaje de variación se encuentra dentro de cada uno de los rangos que componen el histograma. La frecuencia de ocurrencia de cada rango corresponde al porcentaje de proyectos en cada rango respecto al total de proyectos.

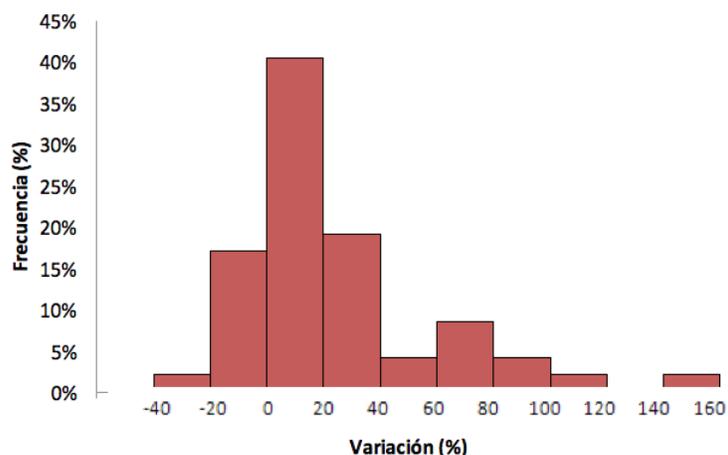


Figura 9. Frecuencia de ocurrencia de una determinada variación del monto original en los proyectos de carreteras en Costa Rica.

Si los errores en la estimación del costo del proyecto fueran bajos, el histograma debe ser bastante angosto y las frecuencias de ocurrencia se deberían concentrar cerca del cero, donde el monto original y el monto final son iguales. Además, si es igualmente probable un aumento que una disminución del monto original, la distribución de las frecuencias de ocurrencia de un porcentaje de variación del monto original del histograma debería ser simétrica y centrada en cero (Flyvbjerg, Holm, & Buhl, 2002).

Es de notar que no se cuenta con la simetría expuesta con anterioridad pues los datos experimentan una tendencia al aumento (ver Figura 9). Lo cual indica que en nuestro país, los errores de subestimación del costo de un proyecto de carreteras son más frecuentes que los de sobreestimación.

En el Cuadro 4 se muestra el porcentaje de variación promedio según la superficie de ruedo y el tipo de trabajo realizado en cada proyecto.

		%Variación	Número de Proyectos*
Construcción	Concreto	61,79%	1
	Asfalto	18,92%	6
Mejoramiento	Concreto	-	-
	Asfalto	26,52%	24
Mantenimiento y Rehabilitación	Concreto	-	-
	Asfalto	13,64%	3
Reconstrucción	Concreto	9,26%	3
	Asfalto	39,72%	4
Rehabilitación	Concreto	-	-
	Asfalto	11,61%	6

* Número de proyectos sin contemplar los proyectos que no contaban con finiquito

Cuadro 4. Variación promedio del monto original de los proyectos de carreteras en Costa Rica según el tipo de trabajo realizado y del tipo de superficie de ruedo.

Del Cuadro 4 se puede observar que los trabajos de construcción son los que experimentan mayores aumentos y se debe a que estos son los trabajos de mayor duración, lo que brinda mayores opciones para que el proyecto cambie y con ello su costo.

Del total de proyectos de la base de datos, un 79% de los proyectos experimentaron un aumento del monto original durante el desarrollo de la obra y un 21% de estos experimentaron una reducción de su monto original al final de su respectivo periodo de construcción. En promedio, los proyectos estudiados presentaron una variación de 23.6% mayor al monto previsto. Lo anterior confirma que en nuestro país hay una tendencia definida a subestimar los costos de los proyectos de carreteras.

CONCLUSIONES

- Los costos involucrados en trabajos realizados en pavimentos de concreto son significativamente mayores a los asociados a trabajos en pavimentos asfálticos para el caso de Costa Rica en el periodo 1997-2016. El mantenimiento en pavimentos de concreto involucra menores costos e intervenciones con menor frecuencia.
- Los trabajos de construcción, mejoramiento, reconstrucción y rehabilitación de pavimentos asfálticos realizados en Costa Rica tienen un costo promedio por kilómetro de carretera menor al valor mundial y latinoamericano. En contraparte, los trabajos de mantenimiento de pavimentos asfálticos realizados en nuestro país involucran un costo por kilómetro de carretera mayor al promedio mundial y al de Latinoamérica debido a que involucran, además de los trabajos de mantenimiento periódico, proyectos de rehabilitación.
- El mantenimiento de pavimentos asfálticos en Costa Rica involucra un costo por kilómetro de carretera 1,85 veces mayor al valor mundial y 1,76 veces mayor al valor latinoamericano.
- Los trabajos de construcción de pavimentos de concreto en Costa Rica involucran un menor costo por kilómetro de carretera que los trabajos realizados a nivel mundial y en Latinoamérica. Por otro lado, los trabajos de mejoramiento y reconstrucción de pavimentos de concreto desarrollados en Costa Rica tiene un costo promedio por kilómetro de carretera mayor al promedio mundial.
- Los trabajos de construcción, mantenimiento y mejoramiento de pavimentos asfálticos realizados en las zonas urbanas de Costa Rica involucran mayores costos por kilómetro de carretera que los que se incurren en este tipo de trabajos en zonas rurales. En contraparte, los trabajos de construcción de pavimentos rígidos en las zonas rurales de nuestro país parecen involucrar un mayor costo que en las zonas urbanas.
- En nuestro país hay una tendencia definida a subestimar los costos de los proyectos de carreteras.

ANEXOS

Anexo A. Descripción general de los proyectos incluidos en la base de datos

Proyecto	Tipo de Trabajo	Tipo de Superficie de Ruedo	Tipo de Terreno	Zona
Bananito Sur-San Clemente	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Barú - Piñuela. Sección 1	Construcción	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Barú-Piñuela. Trabajos finales	Construcción	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Bribri - Sixaola	Reconstrucción	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Campo dos - Cuatro Esquinas	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Cartago-Paraíso	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Urbana
Ciudad Quesada-La Marina. II Etapa	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Coopetilla - Tierras Morenas	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 1	Reconstrucción	Concreto Hidráulico	Ondulado	Urbana
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 2	Reconstrucción	Concreto Hidráulico	Ondulado	Urbana
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Trabajos finales	Reconstrucción	Concreto Hidráulico	Ondulado	Urbana

Proyecto	Tipo de Trabajo	Tipo de Superficie de Ruedo	Tipo de Terreno	Zona
Cruce Tenorio - Upala	Mantenimiento Periódico y Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
El Carmen - Jaboncillal	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Urbana
El Carmen - Jaboncillal. Trabajos finales	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Urbana
El Coco - Ocotol	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Entrada R239 - Naranjito Jaris Fincas, Cantón de Mora	Mejoramiento	Concreto Hidráulico	Montañoso	Urbana
Esparza - Juanilama - Salinas	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Heredia-Alajuela	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Urbana
Interamericana - Los Ángeles y Los Ángeles - Guacimal	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Urbana
Interamericana-Guacimal y Santa Elena - Monteverde. Trabajos finales	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Jacó - Loma	Reconstrucción	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Junquillo - Barrio Santa Cecilia, Cantón de Puriscal	Mejoramiento	Concreto Hidráulico	Montañoso	Rural
La Lima-Guadalupe	Mantenimiento Periódico y Rehabilitación	Concreto Hidráulico	Llano	Urbana
Loma - Parrita	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural

Proyecto	Tipo de Trabajo	Tipo de Superficie de Ruedo	Tipo de Terreno	Zona
Los Ángeles - San Miguel de Santo Domingo	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Urbana
Los Chiles - Las Tablitas	Construcción	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Palmar Sur - Sierpe. II etapa	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Palmar Sur-Sierpe. I Etapa	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Pavones - Corozal	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Piñuela - Palmar Norte. Trabajos finales	Construcción	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Piñuela-Palmar Norte Sección 2	Construcción	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Pozón - Tárcoles	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
Puerto Carrillo-Estrada y Estrada-Lajas.	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
Puerto Relleno - Paquera	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Radial Desamparados. Etapa I	Construcción	Pavimento Asfáltico	Llano	Urbana
Radial Desamparados. Sección 2	Construcción	Pavimento Asfáltico	Llano	Urbana
Radial Playa Hermosa	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural

Proyecto	Tipo de Trabajo	Tipo de Superficie de Ruedo	Tipo de Terreno	Zona
Río Pánica - Cóbano	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
Salitrillos - Desamparados	Mejoramiento	Concreto Hidráulico	Ondulado	Urbana
Sámara - Carrillo	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
San Francisco - Sabalito	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
San Isidro - Llano Bonito de León Cortés	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
San Isidro - Río Convento	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
San Juan Norte - Alumbre - Copalchí	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
San Miguel - Río Cuarto - Venecia	Reconstrucción	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
San Pedro - Finca Salitral, Cantón de San Ramón	Mejoramiento	Concreto Hidráulico	Llano	Rural
San Rafael de Guatuso - San José de Upala	Mantenimiento Periódico y Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
San Rafael de Guatuso - San José de Upala. II Etapa	Mantenimiento Periódico y Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
San Ramón Sur - Pedregoso - Santa Rosa	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Urbana

Proyecto	Tipo de Trabajo	Tipo de Superficie de Ruedo	Tipo de Terreno	Zona
Santa María de Dota-Copey. II Etapa	Reconstrucción	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Santa Marta - Mata de Caña - San Carlos	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Sifón-La Abundancia	Construcción	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Tarbaca - San Ignacio de A.	Rehabilitación	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Toumón - Uruca	Construcción	Concreto Hidráulico	Ondulado	Urbana
Urasca - Tucurrique	Reconstrucción	Pavimento Asfáltico	Montañoso	Rural
Veintisiete de Abril - Paraíso	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Llano	Rural
Villa Real - Tamarindo. I Etapa	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural
Villareal - Tamarindo. II Etapa	Mejoramiento	Pavimento Asfáltico	Ondulado	Rural

Anexo B. Descripción del costo de los proyectos incluidos en la base de datos

Proyecto	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Monto Original	Monto Final
Bananito Sur-San Clemente	01/10/2003	30/07/2004	\$452.499,50	\$498.080,86
Barú - Piñuela. Sección 1	29/07/1997	15/03/2001	\$5.861.500,64	\$9.460.701,28
Barú-Piñuela. Trabajos finales	12/01/2004	06/12/2005	\$4.063.268,98	\$3.881.605,27
Bribri - Sixaola	13/09/2001	15/10/2004	\$10.300.935,06	\$13.652.550,53
Campo dos - Cuatro Esquinas	28/06/2004	01/04/2005	\$1.210.538,35	\$981.465,45
Cartago-Paraíso	14/05/2007	14/05/2007	\$6.627.110,37	\$7.286.300,56
Ciudad Quesada-La Marina. II Etapa	28/08/2000	12/07/2001	\$1.263.909,56	\$1.434.682,26
Coopetilla - Tierras Morenas	16/10/2000	28/11/2001	-	\$399.014,50
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 1	13/08/2001	17/03/2003	\$1.182.670,87	\$1.253.709,89
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 2	23/02/2001	28/02/2002	\$850.242,85	\$1.137.062,07
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Trabajos finales	25/11/2005	15/05/2006	\$625.267,07	\$550.537,72
Cruce Tenorio - Upala	08/08/2005	21/09/2007	\$2.575.683,20	\$3.407.438,79

Proyecto	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Monto Original	Monto Final
El Carmen - Jaboncillal	08/01/2001	28/02/2002	\$1.056.332,79	\$1.117.301,96
El Carmen - Jaboncillal. Trabajos finales	09/01/2006	10/05/2006	\$726.463,09	\$544.969,48
El Coco - Ocotol	01/04/2002	14/06/2002	\$427.139,41	\$486.458,55
Entrada R239 - Naranjito Jaris Fincas, Cantón de Mora	20/01/2015	-	\$223.939,00	-
Esparza - Juanilama - Salinas	12/11/2001	05/06/2002	\$1.188.890,08	\$1.401.867,67
Heredia-Alajuela	23/02/2010	-	-	\$11.627.485,13
Interamericana - Los Ángeles y Los Ángeles - Guacimal	26/05/2008	20/03/2009	\$4.059.681,14	\$4.069.093,95
Interamericana-Guacimal y Santa Elena - Monteverde. Trabajos finales	10/01/2007	12/06/2007	\$2.095.974,93	\$1.957.356,72
Jacó - Loma	01/07/1997	03/06/2002	\$5.746.677,50	\$4.976.900,11
Junquillo - Barrio Santa Cecilia, Cantón de Puriscal	20/01/2015	-	\$320.656,00	-
La Lima-Guadalupe	21/05/2015	-	\$272.958,86	-
Loma - Parrita	14/09/2000	29/06/2001	\$798.698,64	\$859.050,31
Los Ángeles - San Miguel de Santo Domingo	27/04/2009	17/05/2010	\$3.123.377,47	\$3.887.201,45

Proyecto	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Monto Original	Monto Final
Los Chiles - Las Tablitas	09/11/2005 (REINICIO 13/03/2006)	31/10/2007	\$1.927.621,58	\$1.927.338,09
Palmar Sur - Sierpe. II etapa	16/09/2003	13/12/2004	\$1.319.603,96	\$1.374.224,29
Palmar Sur-Sierpe. I Etapa	01/07/1999	01/07/1999	\$626.846,49	\$873.048,11
Pavones - Corozal	02/01/2002	06/07/2002	\$315.028,36	\$581.719,37
Piñuela - Palmar Norte. Trabajos finales	16/06/2003	10/10/2004	\$2.848.191,70	\$2.556.375,53
Piñuela-Palmar Norte Sección 2	01/07/1997	15/06/2001	\$5.709.006,95	\$9.611.912,73
Pozón - Tárcoles	01/11/2000	01/11/2000	\$1.466.581,31	\$1.563.465,81
Puerto Carrillo-Estrada y Estrada-Lajas.	07/12/2006	30/08/2009	\$8.104.948,76	\$8.477.240,15
Puerto Relleno - Paquera	16/10/2000	16/11/2001	-	\$732.468,17
Radial Desamparados. Etapa I	02/10/2000	15/12/2001	-	\$2.978.621,20
Radial Desamparados. Sección 2	02/05/2005	01/11/2005	\$1.523.803,91	\$1.500.366,56
Radial Playa Hermosa	13/03/2002	04/04/2002	\$79.229,53	\$79.229,53
Río Pánica - Cóbano	01/12/2003	23/09/2004	\$1.969.810,00	\$2.464.684,30

Proyecto	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Monto Original	Monto Final
Salitrillos - Desamparados	20/01/2015	-	\$830.705,00	-
Sámara - Carrillo	11/07/2001	17/05/2002	\$1.277.440,94	\$1.807.302,98
San Francisco - Sabalito	27/01/2003	15/01/2004	\$1.949.824,80	\$2.398.511,72
San Isidro - Llano Bonito de León Cortés	15/07/2002	03/11/2003	\$ 1.554.685,52	\$ 1.591.067,49
San Isidro - Río Convento	29/09/2003	25/07/2005	\$9.057.380,22	\$15.654.683,49
San Juan Norte - Alumbre - Copalchí	01/08/2001	13/11/2001	\$638.027,04	\$786.056,46
San Miguel - Río Cuarto - Venecia	12/02/2001	11/04/2002	\$726.013,97	\$1.328.728,84
San Pedro - Finca Salitral, Cantón de San Ramón	20/01/2015	-	\$699.242,00	-
San Rafael de Guatuso - San José de Upala	05/08/2005	13/08/2006	\$1.450.595,64	\$1.520.856,46
San Rafael de Guatuso - San José de Upala. II Etapa	06/04/2006	24/02/2007	\$2.233.549,57	\$2.318.120,80
San Ramón Sur - Pedregoso - Santa Rosa	12/09/2000	01/04/2001	\$990.394,56	\$2.081.260,43
San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado	20/08/2007	20/08/2007	\$7.252.905,16	\$8.430.695,28
Santa María de Dota-Copey. II Etapa	04/09/2000	28/05/2003	\$496.698,73	\$778.514,34

Proyecto	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Monto Original	Monto Final
Santa Marta - Mata de Caña - San Carlos	07/11/2005	18/05/2006	\$2.508.478,35	\$2.694.489,03
Sifón-La Abundancia	2006	-	-	\$188.842.357,46
Tarbaca - San Ignacio de A.	02/10/2000	02/10/2000	\$1.775.912,12	\$2.274.544,48
Tournón - Uruca	08/01/2001	08/01/2001	\$357.176,18	\$577.891,41
Urasca - Tucurrique	25/09/2000	16/01/2002	-	\$1.040.227,90
Veintisiete de Abril - Paraíso	26/11/2007	25/07/2009	\$7.749.069,34	\$8.990.704,36
Villa Real - Tamarindo. I Etapa	15/02/2002	05/04/2002	\$144.052,82	\$357.488,59
Villareal - Tamarindo. II Etapa	22/07/2002	09/12/2002	\$ 1.116,32	\$ 464.686,30

Anexo C. Descripción de la calzada de los proyectos incluidos en la base de datos.

Proyecto	Número de Carriles	Longitud (km)	Ancho de Superficie (m)
Bananito Sur-San Clemente	2	5,2	6,1
Barú - Piñuela. Sección 1	2	28,4	7,9
Barú-Piñuela. Trabajos finales	2	28,5	8,9
Bribri - Sixaola	2	31,75	7,0
Campo dos - Cuatro Esquinas	2	9,22	6,8
Cartago-Paraíso	4	5,6	12,0
Ciudad Quesada-La Marina. II Etapa	2	10,6	6,0
Coopetilla - Tierras Morenas	2	2,4	5,3
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 1	4	1,9	12,6
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Sección 2	4	1,7	12,6
Cruce Moravia - Cruce Ipís. Trabajos finales	4	0,684	12,6
Cruce Tenorio - Upala	2	35,345	6,1

Proyecto	Número de Carriles	Longitud (km)	Ancho de Superficie (m)
El Carmen - Jaboncillal	2	6,5	8,2
El Carmen - Jaboncillal. Trabajos finales	2	6,45	8,2
El Coco - Ocotol	2	3,63	6,5
Entrada R239 - Naranjito Jarís Fincas, Cantón de Mora	2	2,197	6,0
Esparza - Juanilama - Salinas	2	12,125	5,7
Heredia-Alajuela	4	10,3	13,8
Interamericana - Los Ángeles y Los Ángeles - Guacimal	2	18,8	6,8
Interamericana- Guacimal y Santa Elena - Monteverde. Trabajos finales	2	15,20	6,8
Jacó - Loma	2	30,87	7,4
Junquillo - Barrio Santa Cecilia, Cantón de Puriscal	2	1,46	5,5
La Lima-Guadalupe	4	1,505	14,6
Loma - Parrita	2	7,7	7,4
Los Ángeles - San Miguel de Santo Domingo	2	1,92	6,0

Proyecto	Número de Carriles	Longitud (km)	Ancho de Superficie (m)
Los Chiles - Las Tablitas	2	5,8	7,4
Palmar Sur - Sierpe. II etapa	2	8,86	7,2
Palmar Sur-Sierpe. I Etapa	2	5,9	7,2
Pavones - Corozal	2	3,8	6,2
Piñuela - Palmar Norte. Trabajos finales	2	33	8,0
Piñuela-Palmar Norte Sección 2	2	26	8,0
Pozón - Tárcoles	3	11,4	10,7
Puerto Carrillo-Estrada y Estrada-Lajas.	2	21	6,6
Puerto Relleno - Paquera	2	4,1	6,0
Radial Desamparados. Etapa I	4	0,875	12,5
Radial Desamparados. Sección 2	4	0,82	12,5
Radial Playa Hermosa	2	0,8	6,3
Río Pánica - Cóbano	2	16	7,0

Proyecto	Número de Carriles	Longitud (km)	Ancho de Superficie (m)
Salitrillos - Desamparados	2	1,155	8,6
Sámara - Carrillo	2	7,3	6,1
San Francisco - Sabalito	2	11,4	7,0
San Isidro - Llano Bonito de León Cortés	2	8,75	5,5
San Isidro - Río Convento	5	51,35	15,1
San Juan Norte - Alumbre - Copalchí	2	6,55	5,3
San Miguel - Río Cuarto - Venecia	2	12	6,5
San Pedro - Finca Salitral, Cantón de San Ramón	2	2,86	7,5
San Rafael de Guatuso - San José de Upala	2	26,1	6,0
San Rafael de Guatuso - San José de Upala. II Etapa	2	28,9	7,0
San Ramón Sur - Pedregoso - Santa Rosa	2	11,9	5,6
San Vicente de Moravia - San Isidro de Coronado	3	5,11	9,6
Santa María de Dota - Copey. II Etapa	2	6,9	5,8

Proyecto	Número de Carriles	Longitud (km)	Ancho de Superficie (m)
Santa Marta - Mata de Caña - San Carlos	2	12,73	5,8
Sifón-La Abundancia	4	29,73	13,9
Tarbaca - San Ignacio de A.	2	9,8	7,3
Tournón - Uruca	4	0,6	13,6
Urasca - Tucurrique	2	6	6,2
Veintisiete de Abril - Paraíso	2	13,91	7,4
Villa Real - Tamarindo. I Etapa	2	4,3	7,0
Villareal - Tamarindo. II Etapa	2	4,4	7,0



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
C.P. 1 1501-2060, San José, Costa Rica
Tel: (506) 2511-2500 · Fax: (506) 2511-4440
E-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr · Web: www.lanamme.ucr.ac.cr