

CONTEXTO DE LAS ESPECIFICACIONES DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN PROYECTOS DE REHABILITACIÓN COSTARRICENSE

Verónica Solís-Salas¹, Paulina Leiva-Padilla²,
Ana Elena Hidalgo-Arroyo³, Luis Guillermo Loría-Salazar⁴

¹LANAMME, Universidad de Costa Rica, Ciudad de la Investigación, veronicass91@gmail.com

²LANAMME, Universidad de Costa Rica, Ciudad de la Investigación, paulina.leivapadilla@ucr.ac.cr

³LANAMME, Universidad de Costa Rica, Ciudad de la Investigación, anaelena.hidalgo@ucr.ac.cr

⁴LANAMME, Universidad de Costa Rica, Ciudad de la Investigación, luis.loriasalazar@ucr.ac.cr

Resumen

Para garantizar el desempeño del pavimento en proyectos de rehabilitación consobrecapa asfáltica es necesaria la implementación de especificaciones técnicas, que permitan valorar la calidad de la construcción. La aplicabilidad de las especificaciones debe ser validada en términos de valores logrados en proyectos previos, en conjunto con referencias de carácter internacional, donde ya hayan entrado en vigencia especificaciones similares y un seguimiento posterior para validar resultados. En el presente proyecto se analiza la aplicabilidad de las especificaciones establecidas en el *Manual de especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes de Costa Rica* y los requisitos del cartel de licitación N°.2014LN-000018-OCV00, para nueve proyectos en Costa Rica intervenidos con sobrecapa asfáltica en los últimos dos años. De la investigación se concluye que los rangos establecidos para las especificaciones costarricenses concuerdan con los establecidos en países como Chile, Colombia, España y Estados Unidos. Adicionalmente, los resultados mostraron que pese a que tales especificaciones no eran vigentes, se lograron cumplimientos aceptables, lo que indica la aplicabilidad de la normativa a la realidad costarricense. Finalmente, como producto de la investigación, se definieron mejoras a las especificaciones actuales, quedando como tarea su verificación posterior para los proyectos por entrar en ejecución.

Palabras Clave: IRI, regularidad, sobrecapas, especificaciones

1 Introducción

El IRI (índice de Regularidad Internacional) es un índice que se calcula de las mediciones del perfil longitudinal de una carretera, utilizando una simulación del modelo de cuarto de carro a una velocidad de simulación de 80 km/h [1,7]. El IRI es utilizado en el control, aceptación y recepción de proyectos nuevos y de rehabilitación de carreteras, ya que permite garantizar la funcionalidad del pavimento, brindando mayor seguridad y confort a los conductores, así como disminuyendo costos de operación y costos de mantenimiento.

Para una correcta aplicación del IRI es necesario validar las normativas existentes, con el fin de garantizar que las obras viales cumplan con condiciones de calidad, confort y seguridad al usuario de acuerdo a la realidad que se puede lograr en campo. Generalmente, en proyectos de rehabilitación se establecen porcentajes de mejora para determinar el porcentaje de pago al constructor de la obra, además de influir de forma directa en costos de operación y funcionalidad de la carretera, por lo que se debe determinar con criterio técnico las normativas que permitan una adecuada evaluación de la regularidad superficial del pavimento. A continuación se comentará acerca de las normativas en el tema, que son vigentes en Costa Rica.

1.1 Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010)

En la sección 401.17 Control de regularidad (IRI) en sobrecapas, reciclajes con sobrecapas o sobrecapas sobre fresados, de mezcla asfáltica en caliente, se establece los requisitos para el pago de trabajos de rehabilitación asociado a la regularidad superficial del pavimento luego de ser intervenido por una sobrecapa asfáltica y los factores de pago según el porcentaje de mejora en el IRI luego de la rehabilitación [2, 3].

El porcentaje de mejora del IRI se determina al medir la regularidad superficial del pavimento antes y después de la colocación de la sobrecapa en toda la longitud del proyecto. Dicho porcentaje se debe de realizar con un decimal para segmentos de 100 metros, mediante la Ecuación 1:

$$\%Mejora = \left[\frac{IRI_{Original} - IRI_{Final}}{IRI_{Original}} \right] * 100 \quad (1)$$

El factor de pago de la obra se determina según el porcentaje de mejora en el IRI de cada segmento de 100 metros y el tipo de sobrecapa asfáltica, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Factor de pago en sobrecapas según porcentaje de mejora del IRI (Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica, 2010 [2]; adaptado por Solís, 2016 [4])

Sobrecapa simple ⁽¹⁾ % de mejora del IRI	% de pago del valor de la carpeta según mejora ⁽¹⁾	Multi-Capa ⁽²⁾ % de mejora del IRI	% de pago del valor de la carpeta según mejora ⁽²⁾
≥ 50	100	≥ 60	100
35 < 50	75	40 < 60	75
25 < 35	50	30 < 40	50
15 < 25	25	20 < 30	25
< 15	Rechazo ⁽³⁾	< 20	Rechazo ⁽³⁾

(1) Para sobrecapas sencillas sin ningún otro trabajo previo de corrección como fresado, rectificación y/o prenivelación en más del 25% de la superficie de la calzada existente.

(2) Para sobrecapas sencillas con otras operaciones previas, tales como fresado, rectificación y/o prenivelado, seguido de uno o más sobrecapas, o dos o más sobrecapas colocadas sobre el pavimento sin fresado, rectificado o prenivelado.

(3) Cuando las correcciones no son permitidas o no son efectuadas por el Contratista.

Las áreas defectuosas pueden ser corregidas, por aprobación del Ingeniero del proyecto del método de corrección. En caso de realizar correcciones, se debe obtener nuevamente el IRI en las áreas corregidas, y con valor obtenido se sustituye el original.

El cálculo del IRI para sobrecapas asfálticas debe realizarse con equipos clase I según el Banco Mundial, y reportarse para secciones de 100 metros. Se asume que el cálculo del IRI se determina con las indicaciones de la sección 401.16, debido a que no se especifica un método. Se establece que el IRI se debe reportar en tramos de 100 metros, en caso de presentar singularidades, estas afectaran el sector de 100 metros el cual no se tomará en cuenta en la evaluación [2].

1.2 Cartel de licitación pública N°. 2014LN-000018-0CV00

Esta licitación establece en la sección Control de regularidad (IRI) en sobrecapas, reciclajes con sobrecapas o sobrecapas sobre fresados, de mezcla asfáltica en caliente (Mantenimiento Periódico), que el pago para

proyectos de rehabilitación se calculará de igual manera que lo establecido en el CR-2010, sin embargo, se realiza una enmienda que modifica los criterios de aceptación y pago.

Se establece que el uso de estas estrategias de intervención se debe justificar técnica y económicamente por parte del Ingeniero en proyectos que presentan valores de IRI mayores a 6,4 m/km junto con una capacidad estructural deficiente[5].

En el cartel se establecen requisitos de aceptación que implicaría el pago del 100% de las labores realizadas. Según el valor inicial del IRI, los requisitos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificación de IRI recomendada para colocación de sobrecapas asfálticas en proyectos de conservación vial según Enmienda N°2 al cartel de licitación pública N°.2014LN-000018-0CV00 (Consejo Nacional de Vialidad, 2015[6])

Rango inicial de IRI (m/km)	IRI Final (m/km)
2,5 < y < 3,6	Reducción del 10%
3,6 a 6,4	≤ 3,2
> 6,4	Reducción del 50% y ≤ 5

El cartel de licitación para el mantenimiento y rehabilitación de la red vial pavimentada indica que la medición del perfil se debe realizar en intervalos de 25 mm. La enmienda N°2 al cartel de licitación indica que la evaluación del IRI se debe realizar en tramos de 100 metros, al igual que el CR-2010, donde el cálculo se debe realizar antes e inmediatamente después de la intervención. En caso de incumplimiento el contratista debe corregir las áreas defectuosas en tramos de 100 metros, para alcanzar los valores mostrados en la Tabla 2, en caso de no cumplirlos la obra será rechazada. [6]

2 Metodología

Para la realización del proyecto, se recopilaron datos del IRI en diferentes rutas a nivel nacional. La información de la condición previa a la colocación de la sobrecapa asfáltica se obtuvo de la Evaluación de Red Vial Nacional del 2015, facilitados por la Unidad de Gestión y Evaluación de Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR. Para la condición posterior, se realizaron mediciones de perfil y cálculo del IRI en nueve proyectos nuevos de rehabilitación con sobrecapa asfáltica, facilitados por la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA.

Después de recopilar los datos de IRI de cada uno de los proyectos, se procesó la información para su posterior análisis. El procesamiento de información se realizó siguiendo el procedimiento en el CR-2010 y en el cartel de licitación para conservación vial. Se obtuvieron resultados individuales para cada proyecto y se realizaron análisis estadísticos con t-pareada para determinar que las especificaciones fueran adecuadas a la realidad de los proyectos de rehabilitación.

3 Resultados

3.1 CR-2010

Los proyectos de sobrecapa se clasifican en dos tipos: sobrecapa simple de mejora y multicapa de mejora. Se realiza un ANOVA para determinar si existe variabilidad entre los proyectos, comparando la condición inicial de los proyectos, basándose en el IRI inicial según el tipo de sobrecapa asfáltica.

El análisis de la especificación se realiza en tramos donde la intervención aplicada era la indicada según el informe de Evaluación de la Red Vial Nacional 2015, por lo que se eliminan del proyecto Calle Blancos -

Hatillo 8 los tramos pertenecientes a las secciones de control 19095, 19102, 19103 y 19105. La eliminación de estos tramos se realiza para evaluar si se cumplen los requisitos establecidos cuando la técnica de rehabilitación es la correcta.

3.1.1 Sobrecapa simple de mejora

En la Figura 2, se muestra una comparación mediante diagrama de cajas de diversos proyectos clasificados como sobrecapa simple, donde se observa diferencias por proyecto. Los resultados del ANOVA rechazan la hipótesis de igualdad entre las medias de los valores iniciales de IRI de los proyectos clasificados como sobrecapa simple de mejora. Las comparaciones realizadas en parejas mediante Tukey obtienen 5 diferentes agrupaciones para los 6 proyectos de sobrecapa lo que muestra una alta variabilidad entre la condición inicial de cada proyecto, por lo que se realiza un análisis descriptivo al aplicar la normativa establecida en la sección 401.17 del CR-2010.

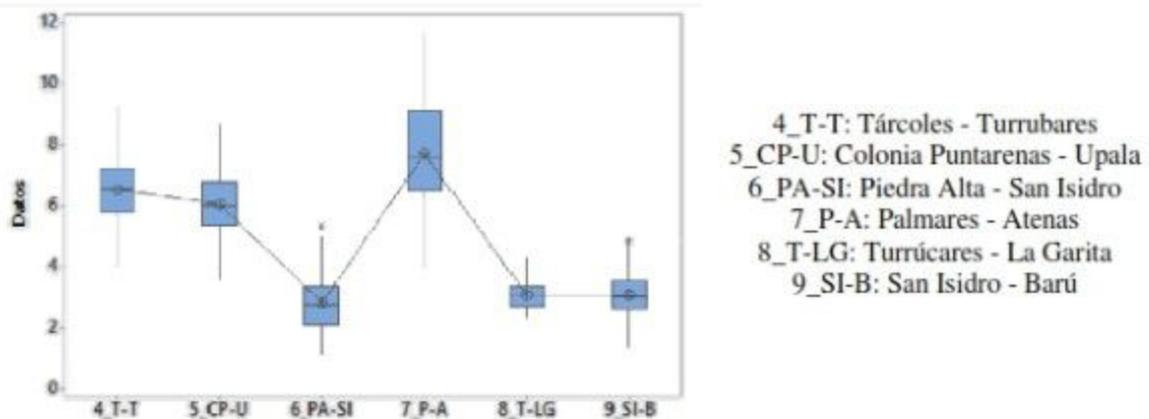


Figura 1. Diagrama de cajas para los proyectos de sobrecapa simple según la condición inicial de IRI

Únicamente un 16% de los tramos evaluados clasifican en condición de aceptación, por lo que reciben un 100% del pago por labores realizadas; un 37% del total de tramos presentan porcentajes de mejora inferiores al 15%, implicando el rechazo de estos tramos. En la Figura 3 y Tabla 3, se muestra dicha información.

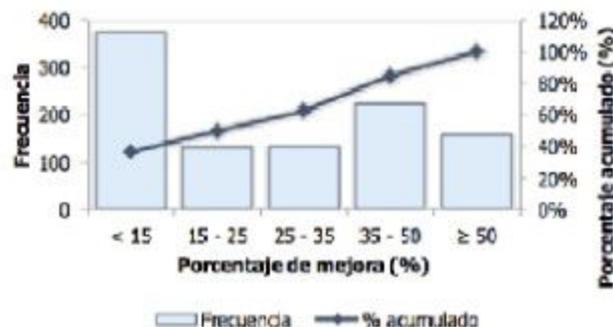


Figura 2. Distribución tramos según porcentajes de mejora del proyecto de sobrecapa simple

Tabla 3. Resultados de evaluación según sección 401.17 del CR-2010, proyectos de sobrecapa simple

Proyecto	Porcentaje de pago según CR-2010				
	100%	75%	50%	25%	Rechazo
Sobrecapa simple	16%	22%	13%	13%	37%

El valor promedio de IRI inicial para todos los tramos es de 4,0m/km y luego de la intervención es de 2,7m/km, lo que implica una disminución promedio de 1,3 m/km. En todos los tramos de sobrecapa simple se obtiene un porcentaje de mejora promedio de 22%, lo que implica un pago del 25% de las obras. Se obtiene que un 21% de los tramos empeoran la condición de regularidad, mientras que un 79% presenta alguna mejoría luego de la aplicación de la sobrecapa asfáltica, sin embargo, no se logran cumplir las especificaciones del CR-2010.

3.1.2 Multicapa de mejora

En la Figura 4, se muestra un diagrama de cajas de los valores iniciales de IRI para cada proyecto clasificado como multicapa de mejora, donde se observa diferencias por proyecto. Se realiza un análisis de varianza para determinar si los proyectos cuentan con condiciones de regularidad similares previas a su intervención, el cual indica que al menos una de las medias es diferente. Por ser únicamente tres proyectos de multicapa de mejora se realiza un análisis descriptivo, en lugar de estadístico, de la aplicación de normativa del CR-2010. En la Figura 5 se presenta estos resultados y la distribución de los tramos restantes según el porcentaje de mejora.

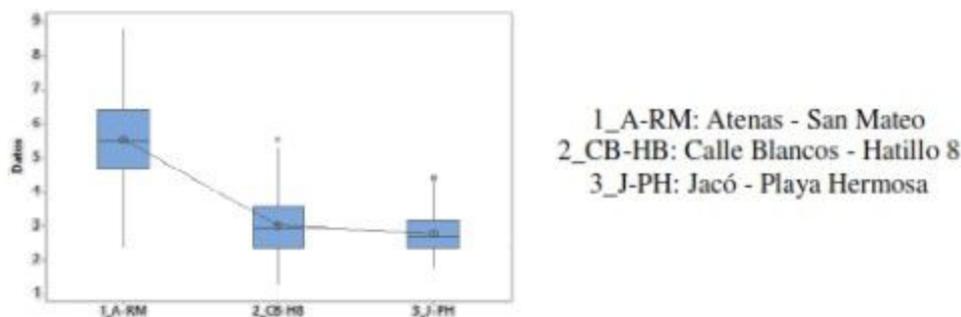


Figura 3. Diagrama de cajas para los proyectos de multicapa de mejora según la condición inicial de IRI

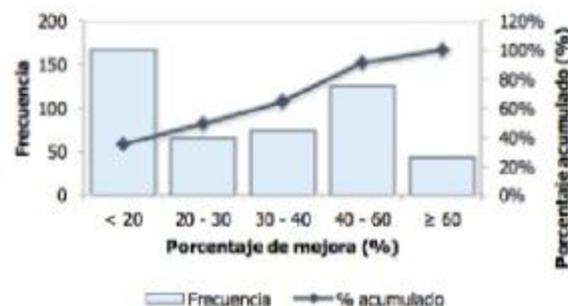


Figura 4. Distribución tramos según porcentajes de mejora de proyectos de multicapa de mejora

Un 9% de los tramos cumplen con el requisito para el criterio del pago del 100%; un 35% presentan porcentajes de mejora inferiores al 20%, lo que implica el rechazo de dichos tramos. Esta información se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de evaluación según sección 401.17 del CR-2010, proyectos de multicapa de mejora

Proyecto	Porcentaje de pago según CR-2010				
	100%	75%	50%	25%	Rechazo
Multicapa de mejora	9%	26%	16%	14%	35%

Para la condición inicial se presenta un valor promedio de IRI de 4,1 m/km y después de la intervención se obtiene un valor de 2,8 m/km. El porcentaje de mejora promedio fue de 22%, lo que implica un 25% del pago de obras. Se encuentra un 19% que empeoran su condición de regularidad superficial, mientras que un 81% presentan alguna mejoría en la regularidad superficial, sin embargo, solamente el 8% alcanzan la condición de aceptación de pago del 100%, por lo que no se cumplen los requisitos establecidos en el CR-2010.

3.2 Cartel de licitación

Se evalúan los tramos de los nueve proyecto mediante los requisitos de aceptación para sobrecapas asfálticas establecidos en la enmienda N°2 del cartel de licitación N°.2014LN-000018-0CV00, según el tipo de tratamiento para compararlo con el análisis realizado para la sección 401.17 del CR-2010. Debido a las condiciones iniciales variables, se realiza un análisis descriptivo.

3.2.1 Sobrecapa simple de mejora

La Tabla 5, presenta los resultados de la evaluación de los proyectos clasificados como sobrecapa simple.

Tabla 5. Resultados de evaluación del cartel de licitación en proyectos de sobrecapa simple

Rango inicial de IRI (m/km)	Requisito de IRI Final (m/km)	Cantidad de tramos	Tramos aprobados	% Aprobados	Tramos rechazados	% Rechazados
< 2,5	-	204	204	100%	0	0%
2,5 < y < 3,6	Reducción del 10%	380	238	63%	142	37%
3,6 a 6,4	≤ 3,2	293	214	73%	79	27%
> 6,4	Reducción del 50% y ≤5	143	70	49%	73	51%
Total		1020	726	71%	294	29%

En la Figura 6, se presenta que la mayoría de tramos (37%), obtienen valores iniciales de IRI entre 2,5 y 3,6 m/km, donde un 63% tienen aprobación. Los tramos en el rango de 3,6 y 6,4 m/km de IRI inicial, representan un 29% del total y poseen un porcentaje de aprobación del 73% según el cartel de licitación. Además, los tramos con un valor inicial de IRI mayor a 6,4 m/km representan el 14% de los tramos, con un 50% de aprobación. Los proyectos de sobrecapa simple poseen un 71% de aprobación y un 29% de rechazo.

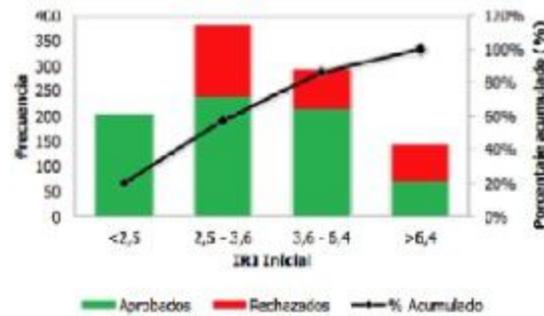


Figura 5. Distribución tramos según valor inicial de IRI, proyectos de sobrecapa simple

3.2.2 Multicapa de mejora

La Tabla 6, presenta los resultados de evaluar los tramos de los proyectos de multicapa de mejora según los requisitos del cartel de licitación.

Tabla 6. Resultados de evaluación del cartel de licitación en proyectos de multicapa de mejora

Rango inicial de IRI (m/km)	Requisito de IRI Final (m/km)	Cantidad de tramos	Tramos aprobados	% Aprobados	Tramos rechazados	% Rechazados
< 2,5	-	91	91	100%	0	0%
2,5 < y < 3,6	Reducción del 10%	135	85	63%	50	37%
3,6 a 6,4	≤ 3,2	196	123	63%	73	37%
> 6,4	Reducción del 50% y ≤ 5	53	35	66%	18	34%
Total		475	334	70%	141	30%

En la Figura 7, se observa que un 41% del total corresponden a tramos con un IRI inicial entre 3,6 y 6,4 m/km, de los cuales 63% son aprobados; un 28% del total representan tramos con un valor inicial de IRI entre 2,5 y 3,6 m/km con un 63% de aprobación. Además, un 11% del total poseen tramos con valores de IRI mayores a 6,4 m/km, de los cuales 66% son aprobados. Los proyectos de multicapa de mejora tienen un 70% que cumplen con los requisitos de aprobación establecidos por el cartel de licitación y un 30% son rechazados.

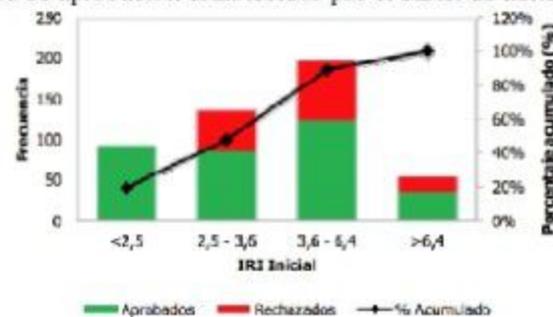


Figura 6. Distribución tramos según valor inicial de IRI, proyectos de multicapa de mejora

4 Conclusiones

El IRI es un parámetro ampliamente utilizados en normativas internacionales como parámetro de aceptación tanto de obra nueva como de rehabilitación, pero poco utilizado como criterio para la determinación del factor de pago.

En la normativa costarricense al igual que en la internacional, la determinación del IRI se realiza en tramos de 100 m y utilizan el mismo equipo.

En ciertos proyectos, se realizó una intervención más rigurosa de la que se necesitaba según la condición del pavimento, evidenciando un uso no eficiente de los recursos y no apropiada gestión de proyectos.

Se obtiene mejor condición de regularidad al rehabilitar los proyectos mediante colocación de una sobrecapa asfáltica, pues en ocho de nueve proyectos analizados se presentó disminución en el valor de IRI. En la Figura 8 se muestra la condición antes y después de la intervención.

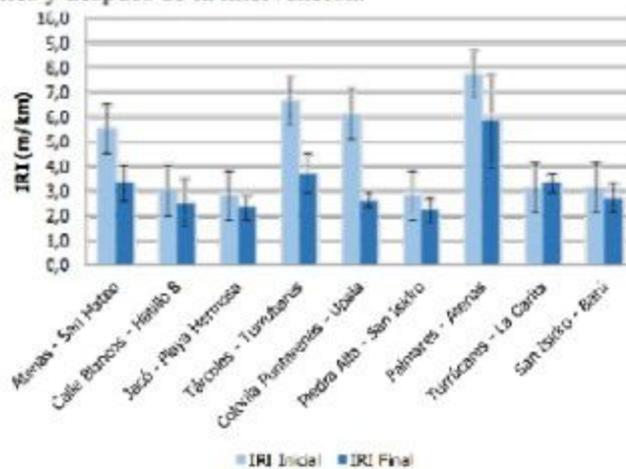


Figura 7. Esquema del análisis de datos

4.1 CR-2010

La evaluación de proyectos mediante esta normativa, utilizando los porcentajes de mejor establecidos para la aceptación y control de pago, no es adecuada para la realidad nacional debido a factores como condición inicial de proyectos, gestión de proyectos y experiencia en procesos constructivos para mejorar regularidad superficial. En la Tabla 7, se presentan los resultados obtenidos según el factor de pago para cada proyecto y tipo de sobrecapa asfáltica.

Tabla 7. Resultados obtenidos de la evaluación mediante la sección 401.17 del CR-2010 para todos los proyectos

Proyecto	Porcentajes de pago según CR-2010				
	100%	75%	50%	25%	Rechazo
Atenas - San Mateo	13%	36%	19%	16%	17%
Circunvalación (Calle Blancos - Hatillo 8)	4%	24%	11%	14%	47%
Jacó - Playa Hermosa	2%	12%	19%	15%	52%
Tárcoles - Turrubares	28%	59%	9%	3%	1%
Upala - Colonia Puntarenas	75%	25%	0%	0%	0%
Piedra Alta - San Isidro	6%	16%	18%	19%	41%
Palmares - Atenas	11%	26%	15%	9%	39%
Turrúcares - La Garita	0%	0%	0%	0%	100%
San Isidro - Barú	0,3%	12%	16%	18%	54%
Sobrecapa simple	16%	22%	13%	13%	37%
Multicapa de mejora	9%	26%	16%	14%	35%

4.2 Cartel de licitación

Esta especificación es apta para la implementación como normativa de control y aceptación de proyectos de rehabilitación costarricenses, debido a que se adapta a las condiciones presentes en los proyectos. Con esta normativa se obtienen mejores resultados de aceptación, pues considera el valor de IRI inicial del proyecto, parámetro que influye en la condición de regularidad superficial obtenida después de la intervención. En la Tabla 8, se muestran los resultados obtenidos según la evaluación de estas especificaciones.

Tabla 8. Resultados obtenidos de la evaluación mediante el cartel de licitación para todos los proyectos

Proyecto	Porcentaje de tramos aprobados			Total
	2,5 <IRI _{inicial} < 3,6	3,6 <IRI _{inicial} < 6,4	6,4 <IRI _{inicial}	
Atenas - San Mateo	29%	53%	64%	54%
Circunvalación (Calle Blancos - Hatillo 8)	64%	80%	N.A.	80%
Jacó - Playa Hermosa	77%	93%	N.A.	87%
Tárcoles - Turrubares	N.A.	59%	28%	42%
Upala - Colonia Puntarenas	100%	97%	100%	98%
Piedra Alta - San Isidro	80%	90%	N.A.	90%
Palmares - Atenas	N.A.	0%	13%	9%
Turrúcares - La Garita	4%	0%	N.A.	12%
San Isidro - Barú	57%	70%	N.A.	67%
Sobrecapa simple	63%	73%	49%	71%
Multicapa de mejora	63%	63%	66%	70%
Todos los proyectos	63%	70%	54%	71%

Existe una relación directa entre el valor IRI inicial y la condición final obtenida luego de la intervención, a menor valor inicial de IRI, menor porcentaje de mejora.

No es adecuado diferenciar el tipo de sobrecapa asfáltica como lo especifica el CR-2010, pues no se encontró relación entre la clasificación de sobrecapa simple de mejora y multicapa de mejora, con los porcentajes de mejora obtenidos y cantidad de tramos aprobados según el tipo de intervención.

Aproximadamente el 20% del total de tramos analizados empeoraron la condición de regularidad superficial, por lo que es necesario implementar las especificaciones para el control de la regularidad superficial, con el objetivo de mejorar los procedimientos constructivos y así obtener estructuras de mejor calidad, disminuir costos de operación vehicular y de mantenimiento de la red vial y alargar la vida útil de los pavimentos.

Se recomienda modificar la normativa para el control de regularidad superficial para proyectos de rehabilitación mediante la colocación de una sobrecapa asfáltica.

5 Recomendaciones

Se recomienda que para la comparación entre la condición inicial y final del pavimento rehabilitado, las mediciones estén referenciadas a un punto común. El caso ideal es establecer puntos específicos de referencia para toda la Red Vial Nacional.

Es necesario implementar un programa de gestión de pavimentos que permita aplicar la intervención adecuada según la condición del pavimento, con el fin de aplicar correctamente la normativa y realizar una mejor gestión de los recursos.

Se recomienda indicar que para valores de IRI menores a 2,5 m/km no se permite que la condición de regularidad superficial empeore.

Se recomienda que la especificación para control y aceptación según la condición de regularidad superficial considere la condición inicial del pavimento, pues se determinó que este parámetro influye directamente en el valor del IRI después de la rehabilitación.

La especificación debe utilizar criterios establecidos por el LanammeUCR para la Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada, para que los criterios de evaluación de la red, la conservación vial y la recepción de obra nueva sean congruentes entre sí.

La especificación para control de regularidad superficial en proyectos de rehabilitación debe tomar en cuenta el tipo de carretera que se va a intervenir, tránsito que recibe y condición inicial del pavimento.

Se recomienda el uso de herramientas estadísticas para velar el cumplimiento de la especificación y controlar la variabilidad del proceso constructivo.

Se considera el cartel de licitación apto para la implementación del control de proyectos de rehabilitación mediante la colocación de sobrecapa asfáltica. Se recomienda la modificación presente en la Tabla 9, que elimina la especificación con valores iniciales de IRI de 2,5 a 3,6 m/km, pues no alcanza una mejora en la clasificación establecida por el LanammeUCR. Se solicita que ningún tramo puede empeorar la condición de IRI inicial mediante la colocación de una sobrecapa asfáltica.

Tabla 9. Recomendación para la especificación de IRI para colocación de sobrecapas asfálticas en proyectos de conservación vial

Rango inicial de IRI (m/km)	IRI Final (m/km)
$IRI_{inicial} \leq 3,6$	$\leq IRI_{inicial} \leq 3,2$
$3,6 < IRI_{inicial} \leq 6,4$	$\leq 3,2$
$IRI_{inicial} > 6,4$	Reducción del 50% y ≤ 5

6 Referencias

- [1] American Society for Testing Materials. "Standard: Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems". ASTM International, Pensilvania (Estados Unidos), 2012.
- [2] Ministerio de Obras Públicas y Transportes. "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José (Costa Rica), 2010.
- [3] Ministerio de Obras Públicas y Transportes. "Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José (Costa Rica), 2015.
- [4] Solís, V; Leiva, P; Hidalgo, A.E; Loría, L.G. "Contexto del índice de regularidad internacional (IRI) en los proyectos de rehabilitación de carreteras costarricenses". Universidad de Costa Rica, (Costa Rica), 2017.
- [5] Consejo Nacional de Vialidad. "Licitación Pública No.2014LN-000018-0CV00. MP y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José (Costa Rica), 2014.
- [6] Consejo Nacional de Vialidad. "Licitación Pública No.2014LN-000018-0CV00. Enmienda No.2 al Cartel de Licitación MP y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada". Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José (Costa Rica), 2015.
- [7] PITRA-LanammeUCR. "Estudios técnicos realizados para la aplicación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en Costa Rica". Circular No. LM-PI-C1. San José: PITRA-LanammeUCR, 2014.

